

Problematik kring inomhusluft

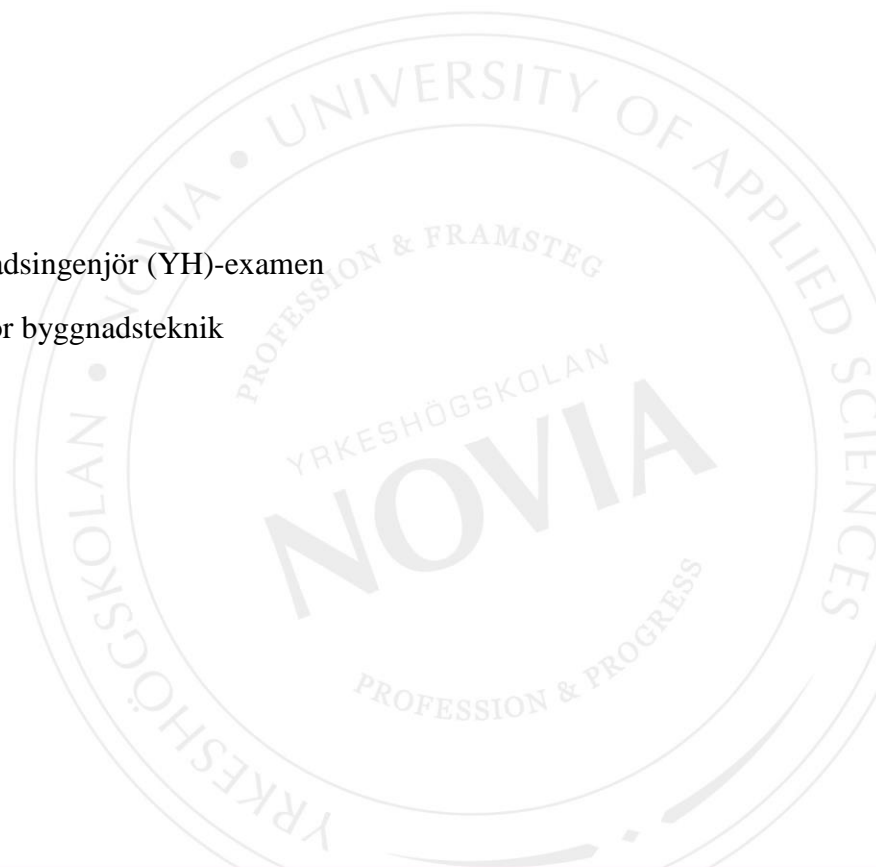
Utveckling av dokument för utredningsprocessen

Mariana Storgård

Examensarbete för byggnadsingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik

Vasa 12.4.2018



EXAMENSARBETE

Författare: Mariana Storgård
Utbildning och ort: byggnadsteknik Vasa
Inriktningsalternativ: byggnadskonstruktion
Handledare: Anders Borg

Titel: problematik kring inomhusluft

Datum: 12.4.2018

Sidantal: 47

Bilagor: 2

Abstrakt

Vi tillbringar allt mer av vår tid inomhus så problem i inomhusmiljön påverkar i allt större utsträckning vår hälsa och välmående. Luftkvaliteten inomhus påverkas av kemiska föroreningar, mikrober och partiklar. Därtill påverkar ventilationens funktion, luftens fuktighet och fysikaliska miljöfaktorer.

Avsikten med detta examensarbete är att reda ut vad som orsakar inomhusluftproblem i flerbostadshus som radhus och höghus byggda på 1900-talet. Examensarbetet tar upp vad som kan orsaka problem i inomhusmiljön, vad som kan vara en riskkonstruktion, hur problem kan kartläggas samt hur problem kan åtgärdas.

Examensarbetet resulterar i ett dokument som fungerar som hjälpmedel vid kartläggningen av inomhusluftproblem. Dokumentet klargör metoderna och de olika tillvägagångssätten i kartläggningsprocessen.

Språk: svenska

Nyckelord: inomhusluftproblem, emissioner, föroreningar, luftkvalitet

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Mariana Storgård
Koulutus ja paikkakunta:	Rakennustekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Rakennussuunnittelu
Ohjaaja:	Anders Borg

Nimike: Sisäilmaan liittyvät ongelmat

Päivämäärä: 12.4.2018

Sivumäärä: 47

Liitteet: 2

Tiivistelmä

Vietämme sisätiloissa yhä enemmän aikaa ja siten sisäilman laatu sekä siellä esiintyvät ongelmat vaikuttavat laajalti meidän terveyteemme ja hyvinvointiimme. Sisäilmaan laatuun vaikuttaa mahdolliset kemialliset saasteet, mikrobit ja hiukkaset. Näiden lisäksi sisäilmaan vaikuttavat ilmastoinnin toimivuus, ilman kosteus ja fysikaaliset ympäristötekijät.

Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää mahdolliset puutteet, jotka aiheuttavat sisäilmaongelmia 1900-luvulla rakennetuissa rivitaloissa ja kerrostaloissa. Opinnäytetyössä käsitellään mahdolliset sisäilmaongelmiin johtavat ongelmat, mikä voi olla riskialtis rakennelma, miten ongelmat voidaan kartoittaa ja miten ongelmat voidaan korjata.

Opinnäytetyön lopputulos on sisäilmaongelmien kartoitukseen käytettävä apuväline dokumenttimuodossa. Laadittu dokumentti selventää kartoitusprosessin menetelmät ja eri prosessin aikaiset toimintatavat.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: sisäilmaongelmat, emissiot, saastuttajat, ilmanlaatu

BACHELOR'S THESIS

Author:	Mariana Storgård
Degree Programme:	Construction Engineering
Specialization:	Structural Engineering
Supervisor:	Anders Borg

Title: Problematics Associated with Indoor Air

Date: April 12, 2018

Number of pages: 47 Appendices: 2

Abstract

We spend more and more time indoors. Therefore, the indoor environment has an increasing influence on our health and wellbeing. The quality of the air indoors is influenced by chemical contaminations, microbes and particles. The functionality of airflow, the humidity and other physical factors play a crucial role in our wellbeing. If the physical factors are off balance, it might result in harmful particles, fumes and microbes that in the end cause damage both to humans and to the building itself.

The purpose of this Bachelor's thesis was to figure out the causes to the problems with indoor air in multi-family houses such as townhouses and high-rise buildings built in the 20th century. The thesis examines possible causes and constructions that are prone to problematics. Furthermore, this thesis also elucidates how problems are mapped and addressed.

To gather vital information, the thesis is based on an extended fact-based literary study. This study resulted in the thesis text part and in conclusion a document that serves as an aid in mapping problems involving indoor air. The document clarifies the methods and approaches used during the mapping process.

Language: Swedish

Key words: Problems with Indoor Air, Emissions, Contaminations, Air quality

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Uppdragsgivare.....	1
1.2	Syfte och mål.....	1
1.3	Problem.....	2
1.4	Avgränsning.....	2
2	Inomhusluft.....	3
2.1	Lagstiftning och direktiv.....	3
2.2	Fysikaliska faktorer.....	4
2.2.1	Temperatur.....	5
2.2.2	Luftkvalitet.....	5
2.2.3	Luftfuktighet.....	5
2.2.4	Ljud.....	5
2.2.5	Ljus.....	6
2.3	Ventilation.....	6
2.3.1	Ventilationssystem.....	6
2.3.2	Luftflöde.....	6
2.3.3	Tilluft.....	7
2.3.4	Ventilationssystem.....	7
2.3.5	Skötsel.....	8
2.3.6	Ventilationsproblem.....	8
2.4	Partiklar.....	9
2.4.1	Allergener.....	10
2.4.2	Asbest.....	10
2.4.3	Mineralull.....	11
2.5	Kemiska föroreningar.....	12
2.5.1	PAH-föreningar (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons).....	12
2.5.2	Formaldehyd.....	13
2.5.3	Tungmetaller.....	14
2.5.4	Klorerade kolväten.....	14
2.5.5	PCB-föreningar (Poly Chlorinate Biphenyls).....	14
2.5.6	Mjukgörare (ftalater).....	15
2.5.7	Kasein och ammoniak.....	15
2.5.8	Brandskyddsmedel.....	16
2.5.9	POP-föreningar (Persistent Organic Pollutant).....	16
2.5.10	Radon.....	16
2.5.11	VOC-föreningar (Volatile Organic Compounds).....	16
2.6	Mikrober.....	17

3	Risikkonstruktioner	19
3.1	Grunden	19
3.1.1	Krypgrund.....	19
3.1.2	Platta på mark	19
3.1.3	Blindsockel	20
3.2	Ytterväggen.....	21
3.2.1	Luftspalt.....	21
3.2.2	Träfasad	21
3.2.3	Tegelfasad.....	21
3.2.4	Betongvägg.....	22
3.3	Vattentaket	22
3.3.1	Bitumenfilt.....	22
3.3.2	Plåt.....	23
3.3.3	Tegeltakpannor	23
3.4	Inomhus	23
3.4.1	Stegdämpare	23
3.4.2	Våtrum.....	23
3.4.3	Ventilation	24
4	Undersökning	24
4.1	Undersökningen delas in i faser.....	25
4.1.1	Fas 1, kunskapshämtning.....	26
4.1.2	Fas 2, provtagning	26
4.1.3	Fas 3, åtgärder och uppföljning	27
5	Provtagning.....	28
5.1	Fuktmätning	28
5.1.1	Mätning av luften	28
5.1.2	Mätning av ytfukt	29
5.1.3	Mätning inuti konstruktionen	29
5.2	Värmefotografering	30
5.3	Ventilationsmätning.....	31
5.4	Filmning av rör	31
5.5	Provtagning av mikrober	32
5.5.1	Direktmikroskopiering	32
5.5.2	Ytprov	33
5.5.3	Luftprov	33
5.6	Analys av mikrobskador med mögelhund	33
5.7	Mätning av luftens kemiska agens, VOC-mätning	34
5.7.1	VOC-mätning av luft.....	34

5.7.2	VOC-mätning av material (FLEC-mätning).....	34
5.8	Partikelhalt	35
6	Korrigerande och förebyggande åtgärder	35
6.1	Torkning.....	36
6.2	Rivning.....	36
6.2.1	Bilning och slipning	36
6.3	Desinficering.....	37
6.4	Tvättning.....	38
6.5	Försegling	38
6.5.1	Spärrskikt.....	38
6.5.2	Mekaniskt ventilerad konstruktion	39
6.6	Luftrening	40
6.6.1	Mekaniska filter.....	40
6.6.2	Elektrostatiska filter.....	40
6.6.3	Kemiska filter	41
6.6.4	UV-strålning	41
6.6.5	Fotokatalytisk oxidation.....	41
6.6.6	Ozonisering.....	42
6.6.7	Jonisering.....	42
7	Undersökningsdokumentet	43
7.1	Undersökningsdokumentet sida 1	43
7.1.1	Initialfas	43
7.1.2	Fas 1, kunskapshämtning.....	43
7.1.3	Fas 2 provtagning	44
7.1.4	Fas 3 åtgärder.....	44
7.1.5	Uppföljningfas	44
7.2	Undersökningsdokumentet sida 2	45
8	Slutdiskussion.....	46
9	Referenser.....	48

1 Inledning

Inomhusluftproblem är aktuellt ämne eftersom vi spenderar allt mer av vår vardag inomhus. Därmed är inomhusmiljön den största faktorn som influerar hur vi mår. De finns många olika faktorer som kan orsaka problem med inomhusluften. Orsakerna kan vara fukt- och mögelskador men även kemiska föroreningar från byggmaterial och möbler. Vi påverkas även av damm som innehåller skadliga och av ventilation som inte fungerar. Därtill kan problemen bero på felaktig städning eller försummande av byggnadens underhåll. Beroende på den individuella känsligheten kan problem från dålig inomhusluft resultera i allt från lindrigare infektioner och irritation av hud och slemhinnor till permanenta skador som allergier och astma. Allmänheten blir allt mera medveten om de problem som dålig inomhusluft innebär. I media figurerar främst berättelser om människor som drabbats av mögel i nybyggen. Dålig inomhusluft är dock mycket mer än enbart mögel.

1.1 Uppdragsgivare

Sedan maj 2017 har jag jobbat på Anytech Oy i Vasa. Företaget som har tre anställda gör både renoveringsövervakningar och kartlägger skador. Största andelen av kartläggningarna och övervakningarna görs husbolag som tillhör husbolag inom BUMA-Teams disponenttjänster. BUMA-Team är ett företag som förmedlar disponenttjänster. Anytech grundades 1994 och har sedan dess fungerat i samarbete med BUMA-Team. Idén och behovet för detta examensarbete uppstod under min praktikperiod och min företagsförlagda utbildning.

1.2 Syfte och mål

Uppdragsgivaren Anytech har uttryckt att det finns ett behov att underlätta arbetsprocessen med kartläggningar av skador som orsakar inomhusproblem. Oftast börjar en skadeutredning på Anytech Oy med att orsaken till skadan är känd. Till exempel kan diskmaskinen plötsligt läckt på grund av ett mekaniskt fel eller att det har blivit en stockning i husets avloppsstigarledning. Med jämna mellanrum kommer det däremot anmälningar om skador där orsaken är okänd, det vill säga problem med inomhusluften. Syftet med undersökningsdokument är att hjälpa kartläggarna på Anytech att koordinera sitt arbete och att få lättillgänglig information om undersöknings- och provtagningsprocessen.

Detta examensarbete skall tillfredsställa behovet av att utveckla ett dokument som klargör utredningsprocessen. Målet är att undersökningsdokumentet skall kunna efterföljas stegvis tills orsaken till problemen upptäckts. De skadade utrymmens användare upplever en dålig lukt, kvav luft, drag eller andra sensoriska problem. Problemen kombineras ofta med fysiska problem som snuva, klåda, torra ögon och hosta. De drabbade känner ofta att de inte tas på allvar eftersom skadan eller problemet inte är uppenbart. För användarna skulle undersökningsdokumentet fungera som en bekräftelse på att saken nu utreds steg för steg.

Målet är även att användare och utredaren skulle även via undersökningsdokumentet få en grov uppskattning på processens tidsåtgång. Slutligen bör det i dokumentet framkomma vilka undersökningar och provtagningar som kan göras enbart under den kalla årstiden och hur länge provsvaren tar.

1.3 Problem

Problematiken kring dålig inomhusluft är att ämnet är stort och åsikterna går isär och ändras med tiden. De som vi nu betraktar som är säkra ämnen och byggmetoder kan i framtiden vara skadliga eller rent av farliga. Nya undersöknings- och saneringsmetoder utvecklas konstant i och med forskningen framsteg. Nya moderna instrument ersätter gamla och därmed kan instrumentets användare bli största osäkerhetsfaktorn. Användarfel och feltolkningar kan ge upphov till felaktiga undersökningar.

I examensarbetet utreds vilka är de skadliga faktorerna som figurerar i bostäder från 1900-talet. Vilka är riskkonstruktionerna och var kan problem uppstå som i slutändan ger de boende besvär? Hur skall eventuella problem utredas och korrigeras?

1.4 Avgränsning

I detta examensarbete fokuserar jag på inomhusproblem i radhus- och höghuslägenheter från 1900-talet till nutid. Undersökning av inomhusklimat i affärs- eller kontorsutrymmen är en mera utdragen process som kräver involvering av sakkunniga inom hälsovård samt de drabbade anställdas ledning. Vid undersökning av allmänna och affärslokaler bör utredningsgrupper utses. Dessa håller gemensamma och separata regelbundna möten under hela utrednings-, åtgärdsprocessen, samt efter att problemen är åtgärdade.

I examensarbetet tas åtgärdsprocessen upp men inte hur kartläggningen av skadliga ämnen som asbest görs. Självklart bör kartläggning av material ske innan rivningsarbetet påbörjas

samt att skyddsåtgärder vidtas och rivningen görs enligt föreskrifterna på ett säkert sätt som inte skadar vare sig arbetare eller bostadens innehavare. Övervakaren av renoveringen torde se till att skyddsåtgärder vidtas och att arbetet sker på ett säkert sätt utan att det nämns i detta examensarbete.

2 Inomhusluft

Det finns många olika faktorer som enskilt eller genom samverkan påverkar hur vi upplever inomhusluften. Luftkvaliteten påverkas av kemiska föroreningar, mikrober och partiklar. Därtill påverkar ventilationens funktion, luftens fuktighet och fysikaliska miljöfaktorer. (Drytec Oy Ab, 2009)

Det finns många olika hälsorelaterade symptom som kan associeras med dålig inomhusluft. Det finns komfortproblem som egentligen inte påverkar hälsan men som försämrar trivseln och därmed mår man sämre. Symptomen kan vara en konstig eller obehaglig lukt, det känns instängt och dragigt eller att temperaturen är för hög eller låg. Dålig inomhusluft kan orsaka trötthet, koncentrationssvårigheter, huvudvärk samt hudsymptom som eksem, hudrodnad, torr hud och klåda. Somliga kan reagera med slemhinne- och luftvägsinfektioner som ger irritation i näsa och ögon, heshet, hosta och återkommande infektioner. De flesta symptom är lindriga och försvinner då personen avlägsnar sig från det ohälsosamma utrymmet. Tyvärr kan problemen med inomhusluft även orsaka permanenta skador som astma och cancer. (Hengitysliitto, 2011)

2.1 Lagstiftning och direktiv

För nybyggen finns Sisäilmaluokitus 2008 i vilken man har satt upp de målvärden som nya byggnaders inomhusklimat måste uppnå. Målvärdena kan inte användas som referens vid granskningar av luftkvaliteten på äldre hus. Däremot kan hälsoskyddslagen och Valviras asumisterveysopas användas på även äldre byggnader. (RT RakMK-21503, 2011)

Enligt hälsoskyddslagen 763/94 7 kap. 26§ och 27§ får inte förhållandena inomhus orsaka en sanitär olägenhet för de som befinner sig i bostaden genom oren luft, temperatur, fuktighet, buller, luftväxling, ljus eller strålning. Ifall en sanitär olägenhet finns skall åtgärder vidtas för att utreda, avhjälpa eller begränsa olägenheten samt utreda orsakerna till problemen så snabbt som möjligt. Beror den sanitära olägenheten på fel i konstruktionerna så är det byggnadens ägare som ansvarar för att olägenheten avlägsnas. Men om den sanitära

olägenheten beror användarens bruk på ett osedvanligt sätt så ansvarar innehavaren för att åtgärder vidtas. Ifall den sanitära olägenheten är uppenbar, innebär fara för hälsa och kan åtgärdas så kan hälsoskyddsmyndigheten förbjuda eller begränsa bostadens eller utrymmets användning. (Hälsoskyddslagen 94/763, 1994)

Valvira, det vill säga tillstånds- och tillsynsverket för social- och hälsovården har i *asumisterveysopas* direktiv för en hälsosam inomhusmiljö. I denna hänvisar man till hälsoskyddslagen 763/94 i fråga om när åtgärder bör vidtas och vem som är ansvarig för problemet avlägsnas. Direktiven gäller vistelsezonen som är upp till 1,8 m från golvytan, 0,6 m från väggarna och 1,0 m från fönster samt dörrar. Vistelsezonen anses vara området där man spenderar mesta delen av brukstiden. I vistelsezonen får inte återkommande störande ljud, organiska föroreningar, kemiska föroreningar, partiklar eller rök förekomma i en störande eller hälsovådlig grad. Dessutom bör inomhusluften ha ett tillräckligt luftflöde. (Valvira, 2016)

I *asumisterveysopas* sägs att hälsorisken bedömas utifrån risken för exponering, exponeringens frekvens, hur svår åtgärdat problemet är samt och hur mycket exponering åtgärderna medför. Mätningar och provtagningar skall ske i vistelsezonen och enligt standardiserade metoder. Även laboratorierna bör följa de uppsatta kvalitetskraven och etablerade metoder. Fukthalten eller temperaturen inomhus i vistelsezonen får inte orsaka risk för mikrobtiltväxt. Luftflödet bör vara tillräckligt och luften ren. Har luftflödet brister så får dessa inte orsaka mikrobtiltväxt. Bostadens luftväxling bör vara minst 0,35 dm³/s per m² och inomhusluftens koldioxidhalt kan anses för hög om halten överskrider 2100 mg/m³ mer än utomhusluftens koldioxidhalt. Byggnadens luftväxling bör vara tillräcklig för att avlägsna orenheter som orsakas av byggnadsmaterial och inredning. (Valvira, 2016)

2.2 Fysikaliska faktorer

De fysikaliska faktorerna är en viktig del utrymmets funktionsduglighet. Om de fysikaliska faktorerna inte är lämpliga försämras både produktiviteten och trivsln. Termisk komfort anses vara en passlig lufttemperatur, bra luftkvalitet, passlig luftfuktighet och en ändamålsenlig luftcirkulation. Andra fysikaliska faktorer som påverkar trivsln och i slutända välmående är belysning och buller. (Drytec Oy Ab, 2009)

2.2.1 Temperatur

I vistelsezonen bör man uppnå en hälsosam, säker och trivsamt inomhusmiljö under konventionella väderförhållanden och användningstillstånd. Luftens rörelser, värmestrålning och yttemperaturer får inte orsaka störningar i under brukstiden. Rekommenderade temperaturen är 21 °C under den kalla årstiden och 23 °C för den varma årstiden. En godtagbar avvikelse på ± 1 °C är acceptabel mitt i rummet på 1,1m:s höjd. Under brukstiden får temperaturen i vistelsezonen endast överstiga 25 °C då utetemperaturen överstiger 20 °C längre än fem timmar. (RT RakMK-21503, 2011)

2.2.2 Luftkvalitet

I inomhusluften får det inte förekomma eller utvecklas gaser, mikrober eller lukter som kan utgöra en fara för hälsan eller upplevas som obehagliga och därmed minska trivseln. Under normala användningsförhållanden bör utrymmets koldioxidhalt inte överstiga 2160 mg/m³. För att förhindra hälsorisker har stadsrådet stiftat förordningen om luftkvalitet 26.1.2017/79. I förordningen nämns gränsvärden för förekomsten av bl.a. kvävedioxid, partiklar, bly, kolmonoxid och bensen. (RT RakMK-21503, 2011)

2.2.3 Luftfuktighet

Byggnaden bör bibehålla inomhusluftens fukthalt inom gränsvärdena. I Finland är luftfuktigheten hög sommartid och låg vintertid. De flesta problemen med inomhusluft upplevs vintertid då den torra luften förstärker de föroreningarna som redan finns i byggnaden. Inomhusluftens gränsvärde för fukt är 7 g H₂O/kg torr luft då relativa fukthalten är 45 %, rumstemperaturen 21 °C och lufttrycket 101,3 kPa. För att undvika allt för torr inomhusluft under kalla månaderna bör inomhustemperaturen inte vara onödigt hög. Om fukthalten konstant är för hög kondenserar fukt i konstruktionen samt i ventilationen. Detta kan ge upphov till fuktskador och att mikrober, mikroorganismer och andra hälsovådliga problem uppkommer. (Hengitysliitto, 2011)

2.2.4 Ljud

Byggnadens ljudmiljö bör vara trivsamt. VVS-utrustningens ljudnivå har gränsvärden. I byggnadsförordningssamlingens del C1 finns direktiv och förordningar om ljudisolering och bullerbekämpning. Enligt C1 bör VVS-utrustning och annan liknade utrustning som hissar, vatten- och avloppsutrustning, centralsugare, kompressorer, ventilationsapparater,

kylningsmaskiner, centrifuger, slungor, fläktar och manglar även beaktas vid mätning av ljudnivå. Dessutom kan väggarnas isolering och konstruktion samt fönstren släppa igenom ett störande bakgrundsljud som orsakar en för hög ljudnivå. Med planering av fönstrens placering eller tilläggsisolering av ytterväggen kan man ljudisolera mot trafikbuller. (RT RakMK-21503, 2011)

2.2.5 Ljus

I byggnaden belysningen i vistelsezonen bör vara tillräcklig belysning under brukstiden utan att förbruka onödigt mycket energi. För att öka trivseln i vistelsezonen bör ljuset vara reglerbart och kunna grupperas. (RT RakMK-21503, 2011)

2.3 Ventilation

Ventilationen skall förse bygganden med ren luft och avlägsna de luftföroreningar som skapas av användarna, byggnadsmaterialen och inredningen. För att en bra ventilation skall uppnås bör det vara en tillräcklig luftväxling. Luftflödena bör vara balanserade och ett regelbundet underhåll bör ske. En garanti för en ansevärd inomhusluftkvalitet är en korrekt dimensionerad ventilation som fungerar minst lika bra som det planerats i byggnadsskedet. (Drytec Oy Ab, 2009)

2.3.1 Ventilationssystem

Ventilationssystem bör fungera ändamålsenligt under normala väderförhållanden för att skapa förutsättningarna för en hälsosam, säker och trivsam inomhusmiljö. Ventilationssystemet bör fungera året runt och dygnet runt förutsatt att den används korrekt och underhålls. Ventilationssystemet bör kunna kontrolleras och övervakas därför bör systemet förse med mätinstrument, inställningsmöjligheter och övervakningssystem. Underhållet bör ske med jämn tidsintervall och inställningen bör vara lättillgänglig. Eftersom ventilationssystemets funktion är vital för luftomväxlingen är det viktigt att det finns ett varningssystem för när ventilationen inte fungerar. (RT RakMK-21503, 2011)

2.3.2 Luftflöde

Ventilationen bör förse alla byggnaden rum med luft som är av en bra luftkvalitet. Frånluften dimensioneras främst enligt utrymmets användarantal. Ifall det inte finns tillräckliga uppgifter om användarantal kan man dimensionera frånluften enligt ytan. Det behövs 6 dm³/s

luft behövs per person, men minst $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$. Detta skulle motsvara ett luftombyte på 0,5 l/h i ett rum med 2,5 m i rumshöjd. (Valvira, 2016)

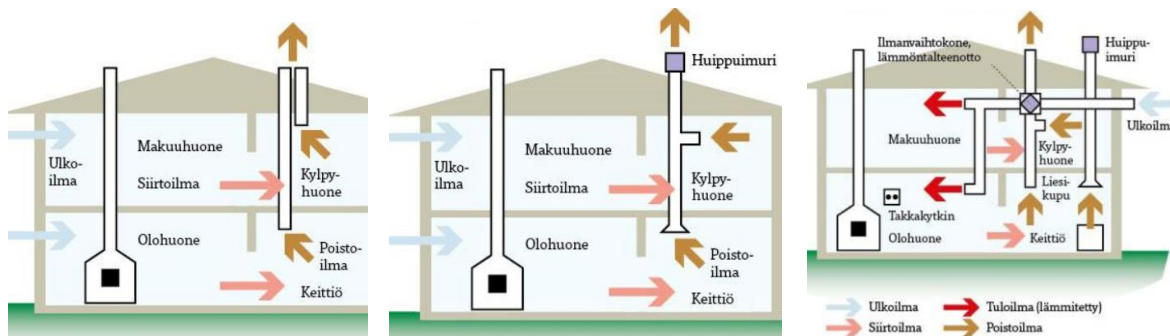
I moderna bostäderna planeras luftflödet så att man skall kunna öka på luftflödet med 30 % när behovet ökar t.ex. med spisfläkten. Ventilationen i en bostad kan i moderna lägenheter styras och bl.a. sänkas med upp till 60 % när invånarna inte är i bostaden. (Hengitysliitto, 2018)

2.3.3 Tilluft

Tilluftflödet får inte förhindras av möbler eller konstruktioner inne i rummet. Tilluften skall eliminera de orenheter som uppkommer under användningen. Återanvänds tilluften får den endast tas från utrymmen med renare eller lika ren luft. Tilluften bör filtreras så att den uppnår en bra standard för inomhusluft. Luften får inte innehålla ogynnsamma halter av orenheter eller sprida lukter. Filtret skall filtrera minst 80 % av $1,0 \mu\text{m}$ stora partiklar. Ändringar i lufttryck får inte påverka filtrets effektivitet. Frånluften kan även behöva filtreras före den släpps ut. Dessutom bör frånluftens ledas ut så att den inte skadar byggnadens konstruktion, andra användare eller miljön. (RT RakMK-21503, 2011)

2.3.4 Ventilationssystem

Självdraagsventilation (se figur 1) och maskinell ventilation (se figur 3) får inte kombineras utan att hela ventilationssystemet i så fall anpassas. Mekaniserade spisfläktar får inte anslutas till ett system med självdraagsventilation eftersom de då påverkar huset totala luftflöde. Om ändringar i ventilationssystemet görs bör de helst planeras så att luftutbytet fungerar enbart maskinellt eller som självdraagsventilation. Självdraagsventilation kan effektiviseras med en frånluftsfläkt (se figur 2). Med denna fläkt försäkras man sig om att frånluften inte återvänder till utrymmena via luftkanaler eller rörkanaler. Finns det eldstäder bör dessa tas i beaktande då ventilationssystemet planeras. Dessutom bör man vid planeringar av fasadrenoveringar beakta om tilluften försetts via fönster eller bakom värmeelement. Liknande tilluftsventiler bör finnas in nya fönster och fasad. (Hengitysliitto, 2018)



Figur 1 Självdagsventilation

Figur 2 Självdrag med frånluftsfläkt

Figur 3 Mekaniserad ventilation

(Hengitysliitto, 2018)

2.3.5 Skötsel

Ett funktionerande ventilationssystem bör planeras och byggas så att skötseln och rengöringen underlättas. Delarna i ventilationssystemet får inte samla upp olja, damm eller andra orenheter på inre ytorna. Skadliga ämnen eller lukter får inte avges från ventilationssystemets delar och därmed spridas med luftflödet. Om ventilationssystemet alstrar fukt får det inte orsaka fuktskador eller hälsovådlig mikrobtiltväxt. (Valvira, 2016)

2.3.6 Ventilationsproblem

En hel del av inomhusluftproblemen beror på användarnas bristfälliga förståelse av ventilationens funktion. Maskinell ventilation påverkas av att användarna öppnar fönster, täpper till ventilationsdon samt ökar och sänker på temperaturen i värmeelementen manuellt. Användarens individuella inställningar av tillflöde samt temperatur påverkar den maskinella ventilationen. Eftersom ventilationen är inställd och planerad som en helhet gör de individuella inställningarna att temperaturen eller luftflödet ökar eller sjunker i andra delar av byggnaden. Utöver detta säger Daniel Asplund att en dåligt fungerade eller felaktig ventilation samt för hög temperatur förstärker problem från partiklar, kemiska föroreningar och mikrober. (Bravida Oy, 2017)

Otillräcklig luftväxling är oftast ett problem som förekommer i hus med självdagsventilation, men förekommer även i hus med maskinell ventilation. Ventilationsproblem kan orsakas av brister i luftväxling, luftkvalitet och lufttemperatur. Problemen beror oftast på flera olika faktorer samtidigt. Felinställningar och felplacerade ventiler leder till problem samt ett bristande underhåll gör att ventilationen inte fungerar på ett ändamålsenligt sätt. (Drytec Oy Ab, 2009)

Om det inte finns tillräckligt med tilluftsventiler skapas ett för starkt undertryck så gör att förorenad luft sugas in via konstruktionens otätheter. Luften som dras in i konstruktionen lämnar efter sig mikrober som senare kan orsaka mögelskador. Den orena luften som drar in kan även göra de boende sjuka direkt. En otillräcklig ventilation gör att luften känns kvav och fukt kondenseras på kalla ytor som insidan av fönster. Ett för starkt övertryck gör att fuktig och varm inomhusluft tränger ut via otätheter i konstruktionen. Inomhusluftens fukt kondenserar på konstruktionen kalla delar och orsakar mikrobsskador. Man bör se till att byggnadens ventilation bibehåller ett svagt undertryck oavsett ventilationssystem eller eventuella ändringar i bostaden eller byggnaden. (Hengitysliitto, 2018)

Ventilation med för låg inblåsningshastighet, en för hög inblåsningstemperatur, inblåsningen är felplacerad eller till- och frånluftsdonen är för få gör att luften upplevs som kvav och otillräcklig. Smutsig tilluft som kan bero på avsaknad av filter eller bristfälligt underhåll i form av filterbyte skapar problem med lukter eller kvav luft. Tilluften tas från ett ställe där inga yttre föroreningar slipper in i ventilationssystemet. En för hög inblåsningshastighet, för låg inblåsningstemperatur eller dåligt riktat tilluftsflöde kan orsaka drag. Om tilluftsintaget är utsatt för fukt kan en mikrobstillväxt ske då kondens bildas i kanalerna. För att undvika kondens bör ventilationssystemet aldrig stängas av. (Bravida Oy, 2017)

Om underhållet av ventilationssystemet försummas fungerar det inte som det ska och kan t.o.m. sluta fungera totalt. Om ventilationssystemet inte fungerar eller är för gammalt för att kunna underhållas bör det bytas ut. Ventilationssystemet bör fungera så länge som byggnaden används. Vid installation av nya avancerade ventilationssystem bör man försäkra sig om att de som installerar systemet har tillräcklig kunskap om inställningen. (RT RakMK-21503, 2011)

2.4 Partiklar

Partiklar är små fasta föremål som kan vara allt från millimetrar i storlek till en miljondels millimeter. Ju mindre partikeln är desto längre svävar den omkring i inomhusluften. Vi uppfattar oftast partiklar som helt vanligt damm. Många partiklar kommer utifrån genom ventilationssystem och otätheter. Partiklar som uppstår inomhus är tobaksrök, rök från brinnande ljus eller eldstäder, matlagning, textilier, städning och hudpartiklar från de som vistas i bostaden. osv. Till partiklarna kan skadliga ämnen och partiklar från asbest, mineralull, mögel och bakterier bindas. Vissa skadliga partiklar avges endast vid mekanisk åverkan så som rivning. Hälsoeffekterna beror på hur mycket partiklar det finns i luften,

storleken på partiklarna och förekomsten av skadliga ämnen i eller på partikeln yta. (Folkhälsomyndigheten, 2016)

Partiklarnas påverkan på inomhusluften är som störst på vintern då vi spenderar så gott som hela tiden inomhus. Undertryck och torr luft vintertid förstärker partiklarnas irriterande effekt. Partiklarna delas in i total suspenderade partiklar, TSP, som till största delen är helt vanligt damm. Utöver detta finns mindre partiklar som är inandningsbara partiklar, PM₁₀, som har en aerodynamisk diameter på mindre än 10 µm och fina partiklar, PM_{2,5}, som har en aerodynamisk diameter på mindre än 2,5 µm. (Hengitysliitto, 2018)

PM_{2,5} partiklarna anses vara de farligaste eftersom dess små partiklar kommer djupt ner i lungorna och orsakar symptom speciellt hos känsliga individer. Partiklarna kan även vara bärare av kemiska föreningar och allergiframkallande ämnen. Man bör sträva till att inomhusluften skall ha en så låg partikelhalt som möjligt. För att sänka på mängden partiklar som finns i inomhusluften krävs effektiv och regelbunden städning. Utöver det gör en bra ventilation att partikelhalten inte stiger till en hälsovådlig nivå. Helst bör man även välja inredning och material som inte samlar damm och ventilationsfiltren bör bytas med jämna mellanrum. De partiklar som påverkar hälsan mest är organiska partiklar och mineralullsfibrer. Dessa orsakar irritation i ögon, på huden och på luftvägarna. (Hengitysliitto, 2018)

2.4.1 Allergener

Allergener är ämnen som kan orsaka allergier hos känsliga människor. Partiklar från djur, insekter, kvalster och mikroorganismer avges från päls, saliv, exkrement och hudceller. Kvalster frodas i fuktiga och dåligt ventilerade lägenheter. Kvalstrens rester och avföring kan orsaka allergier. Allergenerna har en väldigt liten storlek så de är luftburna en lång tid. Ända sättet att minska halterna på allergenerna i luften är att ha en effektiv ventilation. (Folkhälsomyndigheten, 2016)

2.4.2 Asbest

Asbest är ett samlingsnamn för olika fiberartade kristalliserade silikater och förekommer i många olika byggnadsmaterial, se figur 4. Asbestmineralerna är krysotil (vit asbest), krokidolit (blå asbest), antofyllit, tremolit, aktinolit (brun asbest) och amosit (brun asbest). Asbest har använts inom byggnader för asbestfibernas värmeisolerande förmåga, kemiska hållbarhet och en god drag- och mekanisk hållfasthet. (RT 18-11244, 2016)



Figur 4 Asbest i olika byggnadsmaterial.

På figuren är dessa:

byggnadens utomhusmålfärg,
asbestcementprodukter, rörisolering, sprutat
krokidolit (blå asbest),

magnesianmassa, plastklinkers med bitumenlim,
fäst- och fogmassa, krysotilasbestisolering och -
snöre (vit asbest)

(Parila, 2018)

Så länge byggnadsmaterial med asbest är hela eller inkapslade är asbesten inte skadlig. Det farliga asbestdammet avges endast om de asbesthaltiga byggnadsmaterialen söndras t.ex. under en renovering. Alla asbestfibrer är skadliga och när de andas in kan de orsaka skador på andningsorganen, allvarliga lungsjukdomar, lungcancer och cancer i bukhinnan. Insjuknandet sker först 10 - 50 år efter exponering. Asbest finns i isoleringsmaterial, byggsivor, takmaterial, målfärger, spackel, fäst- och fogmassor, ventilationskanaler, plastmattor och lim. (BestLab Oy, 2017)

Vid rivning av asbest bör asbesthalten hållas så låg som möjligt och rivningen ske enligt föreskrifterna för asbestsanering. Halten asbestfiber i luften får inte överskrida 0,1 fibrer per 1 cm³ luft. Efter renoveringen bör det finnas mindre än 0,01 fibrer per 1 cm³ luft. Enligt Social- och hälsoministeriets "asumisterveysopas" får det inte heller finnas kvarvarande asbestfiber på kvarvarande ytor. (RT 18-11244, 2016)

2.4.3 Mineralull

Mineralull är mineralfibrer som används främst som isolering men även som ljudisolering. Ullen består av långa och tunna fibrer som bildar en luftig massa. Så länge ullen är inkapslad och inte utsätts för någon mekanisk belastning utgör den ingen hälsorisk. Diffusionsskiktet av plast fungerar som ångspärr och bör vara helt tät så att isoleringen inte blir fuktig så att den bibehåller sin isolerande effekt och så att mögel inte kan växa. Men skiktet skyddar även mot att mineralullspartiklar kommer in i inomhusluften. Dåligt inkapslade fibrer kan komma ut i inomhusluften och orsaka symptom i luftvägar och ögon. Största risken för att mineralullsfibrer kommer in är från undertakplattor samt runt dörrar och fönster. Indragande luft lösgör fibrer från isoleringen och sprider dem i inomhusluften. (Arbetsmiljöverket, 2004)

2.5 Kemiska föroreningar

Luften inomhus kan innehålla många olika kemiska föreningar. De kemiska föreningarna avges från byggnadens konstruktioner, inredning, människornas aktiviteter, parfymers och medel som används för bl.a. rengöring. Dessutom kan det finnas skador i avlopp, konstruktioner eller i ventilation som avger kemiska föreningar som inte skulle avges om byggnaden var i önskvärt skick. Hur mycket kemiska föreningar som avges beror på inomhusluftens fukthalt. Fuktig luft underlättar kemiska processer i byggnadsmaterial. Problem som orsakas av kemiska föreningar yttrar sig som lukter i kombination med ögon- och näsirritation, huvudvärk och trötthet. (Drytec Oy Ab, 2009)

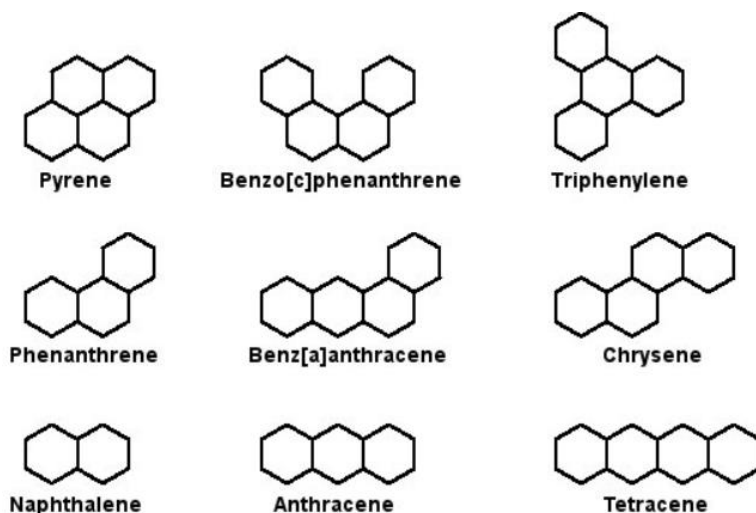
Många skadliga ämnen som har använts i byggnadsmaterial har med tiden förbjudits men finns kvar i redan befintliga byggnader. Utan åverkan genom rivning, fukttillförsel eller annan nedbrytande process så befrias inga skadliga föroreningar från materialen. Om ett material blivit skadat av fukt kan emissionerna fortsätta trots uttorkning. Vid ibruktage av utrymmen som fabriksbyggnader och verkstäder till bostadsutrymmen bör man kontrollera att inte skadliga oljor och andra flyktiga ämnen sipprat in i byggnadens konstruktioner och kan skapa hälsorelaterade problem. (RT 18-11244, 2016)

Kemiska föroreningar som förekommer i luften kan mätas. Dessa kallas för TVOC som är en förkortning på *Total Volatile Organic Compounds*. Ett förhöjt värde är över 600 µg/m³ och är ett tecken på att det finns ovanligt mycket kemiska föroreningar i inomhusluften och de enskilda materialens inverkan bör utredas. Den totala mängden av kemiska föroreningar är oftast högre i nybyggen än i äldre hus. (Mero, 2011)

2.5.1 PAH-föreningar (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)

Enkla aromatiska kolväten är bensen, toluen, etylbensen och xylen är färglösa, flyktiga vätskor som vanligtvis avger en sötaktig bensinlukt som kan andas in eller upptas via huden. Exponering kan framkalla luftvägs- och ögonirritation, huvudvärk samt illamående. Polycykliska aromatiska kolväten *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* som förkortas PAH-föreningar är en sammanfattande benämning för föreningar som innehåller flera sammanfogade enkla aromatiska kolvätens bensenringar. PAH-föreningar som förekommer i byggnadskonstruktioner är stenkols tjära, bitumen och kreosot. Kreosotolja som tillverkades genom destillering av stenkols tjära användes förr på träprodukter som skydd mot svamp- och insektsangrepp. PAH-föreningar förekommer som impregnering för tjärpapp, tjärbehandlade träbalkar och grundmurar samt som vattenisolering i

tjärasfaltbeläggningar. PAH-föreningarna avger oftast en stark lukt. (Naturvårdsverket, 2005)



Figur 5 PAH-föreningar kemiska utformning (The Astrophysics & Astrochemistry Lab, 2017)

De flesta PAH-föreningarna utom naftalen är fasta och svårflyktiga i rumstemperatur. På grund av svårflyktigheten förekommer de flesta PAH-föreningarna sammanfogade med inomhusluftens damm eller andra partiklar. Vid rivning av stenkoltjärta frigges partiklar och ångor vars polycykliska aromatiska kolväten kan orsaka skador på människan. PAH-föreningarna upptas både genom huden och andningsorganen. Vid exponering påverkas andningen, huden kliar och rodnad uppstår. Långvarig exponering medför en ökad cancerrisk, genetiska skador, leverskador, nedsatt immunförsvar och skador på reproduktionsorganen. Vid rivning bör man följa liknande direktiv som vid asbestsanering. (RT 18-11244, 2016)

2.5.2 Formaldehyd

Formaldehyd är en färglös gas med stark lukt som har använts vid framställning av berggull, lim, harts och lack. Formaldehyd förekommer även i textilier, linoleumplattor och -mattor, samt i spånskivor. Formaldehydbehandlade material avger en stark lukt speciellt då materialet blir fuktigt. Höga halter av formaldehyd orsakar problem i luftvägarna och ögonirritation. Formaldehyd kan vid långvarig exponering orsaka cancer. (RT 18-11244, 2016)

2.5.3 Tungmetaller

Tungmetaller som koppar, zink, bly, kadmium, kvicksilver, arsenik och nickel har använts vid impregnering. CCA-impregneringsmedlet innehåller krom, koppar och arsenik. CCA-impregnering har använts till träimpregnering fram till 2004. Kviksilver kan även förekomma i gasform i byggnadens ventilations- och elektriska installationer. Bly kan förekomma i tapeter, målfärger, fogmassor och elkablar. Exponeringen sker främst genom indirekt förtäring då dammburna partiklar sväljs eller kvicksilver i gasform andas in. Tungmetallerna påverkar inre organen som levern och njurarna. (Naturvårdsverket, 2005)

2.5.4 Klorerade kolväten

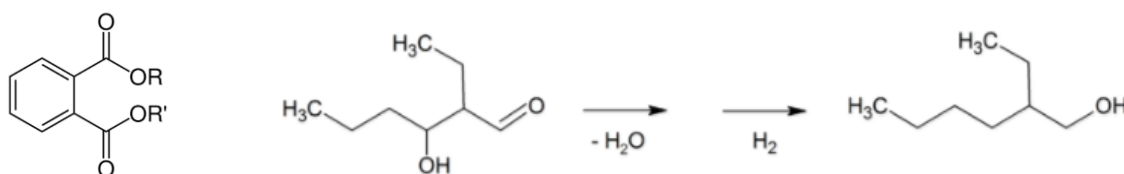
Klorerade kolväten är kemiska föreningar av kolväten där en eller flera väteatomer är utbytta mot kloratomer. Klorerade kolväten har använts som lösnings- och avfettningsmedel samt för tillverkning av plast. Klorerade kolväten är miljöskadliga och svårnedbrytbara. Exempel på klorerade kolväten är metylenklorid, trikloretylen och tetrakloretylen. Klorerade kolväten kan tränga igenom betong samt andra byggnadsmaterial och därefter avges i inomhusluften. Exponeringen sker genom indirekt förtäring av luftburna partiklar, inandning eller genom huden. Symptom på exponering är huvudvärk, trötthet, illamående, yrsel, störd hjärtverksamhet och medvetlöshet. Klorerade kolväten och framförallt dess nedbrytningsprodukter är cancerframkallande. (Naturvårdsverket, 2005)

2.5.5 PCB-föreningar (Poly Chlorinate Biphenyls)

Polyklorerade bifenyler alltså PCB-föreningar är miljö- och hälsoskadliga kemikalier som består kemiskt av två aromatiska ringar som kan ha 1 till 10 kloratomer kopplade till sig. PCB-föreningarna har utmärkt hållbarhet, isoleringsförmåga och termisk stabilitet. PCB-föreningar har använts i mjukfogar, som mjukgörare i plast och målfärger, isolervätska i elektriska komponenter och hydraulolja. PCB-föreningar är förbjudna sedan 2001. Hur skadlig PCB-föreningen är beror på placeringen av kloratomerna inte av antalet klor. PCB-föreningar är fettlösliga så de samlas i kroppens fettvävnad. Exponering sker genom inandning, indirekt förtäring eller genom huden. PCB kan ge upphov till störningar i immunförsvaret och fortplantningen samt försvårar näringsupptagningen. (RT 18-11244, 2016)

2.5.6 Mjukgörare (ftalater)

Mjukgörare, ftalater tillsätts i plaster för att göra dem lättbearbetade och användarvänliga. Ftalater är kemiska föreningar som är salter eller estrar av ftalsyra vars kemiska struktur ändras så att materialet hålls mjukare. Ftalater finns bl.a. som mjukgörare i PVC-mattor och avger ofta starka lukter. Fukt som bidrar genom tvätt, läckage eller byggfukt förstärker lukterna och kan leda till obehag. Om byggfukten inte tillåts torka ut ordentligt innan ovanliggande material monteras kan materialen börja brytas ned kemiskt och en skadlig mängd emissioner avges. Har betongens byggfukt inte fått torka ur innan plastmattan limmats gör kombinationen av betongens inneboende kemiska konsistens samt att mattans mjukgörare tillsammans med limmet påbörjar en nedbrytningsprocess som avger 2-etyl-1-hexanol, se figur 6. (Mero, 2011)



Figur 6 Ftalaterna sönderfaller genom en kemisk process och bildar 2-etyl-1-hexanol (2-Ethylhexanol and Phthalate, 2017-2018)

DEHP, som består av di-2-etylhexylftalat var förr den mest använda ftalaten. När DEHP bryts ned bildas alkoholerna 1-butanol och 2-etyl-1-hexanol och ge en obehaglig lukt. Andra vanliga ftalaterna i Finland är DINP di-isononylftalat och DIDP, di-isodekylftalat. DEHP har klassats som farligt för reproduktionsorganen och dess användning inom plastindustrin har minskat. Enligt forskning kan ftalater ge upphov till cancer och hormonstörningar men är ändå inte klassat som cancerogen. Plastprodukter åt barn får enligt lagstiftning inte innehålla ftalater. (THL, 2017)

2.5.7 Kasein och ammoniak

Mjölksprotein kasein har använts som tillsatsämne i spackel och kan orsaka problem vid inandning eller beröring för personer som är allergiska för mjölksprotein. Spridningen av kasein i rumsluften går att minska med att måla väggarna med alkydmålfärg. Om spackel med animaliskt protein som kasein kommer i kontakt med fukt kan skadlig ammoniak bildas. Ammoniak kan orsaka färgförändringar i parkett. Ammoniak kan emittera från vissa material, målfärger, lacker, rengöringsmedel, tvättmedel, tobaksrök och avföring. (RT 18-11244, 2016)

2.5.8 Brandskyddsmedel

Brandskyddsmedel som användes fram till 2000-talet innehåller brom, klor, fluor, borsyra och tensider. Brandskyddsmedel används för att behandla material så att brandutvecklingen blir långsammare eller stoppas. Byggnadsmaterialens brandskyddsmedel är tetrabrombisfenol TBBPA, polybromade difenyliter PBDE, polybromade bifenylyl PBB och hexabromsyklododekan HBCD. HBCD:s användning har förbjudits. Så gott som alla brandskyddsmedel är skadliga både för miljö och hälsa. (THL, 2017)

2.5.9 POP-föreningar (Persistent Organic Pollutant)

POP-föreningar är långlivade organiska föreningar som är ett samlingsnamn på långsamt nedbrytbara miljögifter som ackumuleras i organismer, återförs till näringskedjan även långväga från utsläppskällan. POP-föreningar har använts som bekämpningsmedel och flamskyddsmedel. De skadliga ämnena frigörs främst vid förbränning. En av de mest kända POP-föreningarna är DDT. POP-föreningarnas användning har begränsats med internationella avtal. Långvarig exponeringens skador känner man inte ännu till men POP-föreningar verkar ge upphov till utvecklings- och fortplantningsstörningar. (Ympäristöministeriö, 2016)

2.5.10 Radon

Radon är en osynlig och luktfri ädelgas. Radon förekommer i de delar av Finland där man har sandig jordmån. Radongasen sönderfaller och ger då upphov till skadlig joniserande strålning. Långvarig vistelse i hög radonhalt ökar risken för lungcancer. Social- och hälsovårdsministeriet har fastställt att bostädernas radonhalt bör ha ett årsmedeltal på under 400 Bq per m³ luft. Enligt Finlands byggnadsbestämmelsesamling D2 har man fastställt ett årsmedeltalsriktvärde på 200 Bq per m³ luft för nybyggen. Medeltalet för radonhalten i finska bostäder är ca 96 Bq per m³ luft. (RT 18-11244, 2016)

2.5.11 VOC-föreningar (Volatile Organic Compounds)

VOC-föreningar är lättflyktiga kolbaserade organiska föreningar som i rumstemperatur lätt förångas. VOC:erna avges från byggnadsmaterial, inredning, kemikalier, utomhusluft, mikrober och t.o.m. människor genom kemiska reaktioner eller fysiska förhållanden. Nya material emitterar mera än äldre material eftersom emissionen minskar med tiden. I vanlig inomhusluft kan det finnas upp till 500 olika VOC:er. Somliga av föreningarna skapar starka

lukter och i vissa fall hälsoproblem. Emissionerna och därmed hälsoriskerna kan förvärras genom påverkan av yttre omständigheter som fukt. Speciellt golvbeläggningar kan skapa emissioner som är skadliga. Vid inverkan av fukt påbörjas materialet sönderbrytningsprocesser och även om fukten försvinner kvarstår emissionerna. (RT 18-11244, 2016)

2.6 Mikrober

Ordet mikrob kommer från grekiskans mikron som betyder liten och bios som betyder liv. Mikrober finns överallt och i form av bakterier, svampar, växter och djur som är så små att dom inte kan ses med blotta ögat. Mikroberna kan bestå av en eller flera celler. Mikrobernas storlek varierar från virus på 0,01µm och silikater på 0,2 mm. I konstant eller ofta fuktiga byggnader förekommer mögel, jäst och bakterier. (Mero, 2011)

Alla sorters mikrober och svampar orsakar inte hälsoproblem, men kan skada huset i form av röta. På höstar och vårar är förekomsten av sporer från mögel, rötsvampar och andra mikrobers som störst. Minst sporer finns det på vintern då marken är frusen och snöbetäckt. (RT 05-10710, 1999)

Eftersom mögel och mögelsporer finns så gott som överallt byggs de in i konstruktionens isolering och kommer in i konstruktioner via otätheter i klimatskalet med undertryck inomhus. Sporerna ligger i träda och mer sporer tillkommer tills det av någon orsak tillförs fukt och ventilationen samtidigt inte är tillräcklig. Mikroberna, det vill säga bakterierna och mögelsporerna börjar växa och sporer sprids till andra material från isoleringen. Mikrobstillväxtens nedbrytnings- och ämnesomsättningsdelar transporteras in i inomhusluften via luftflödena och orsakar hälsoproblem. Trots att man vid fuktmätning konstaterar att en konstruktion är torr kan den torra och döda mikrobstillväxten fortfarande spridas genom otätheter i husets konstruktion. Så länge mikrobstillväxten inte avlägsnats kan den vara hälsovådlig även som uttorkad och död. (Hengitysliitto, 2018)

Strålsvamp orsakas av aktinobakterier och *Tritirachium* kan orsaka toxiner, det vill säga skapa giftiga ämnen som är skadliga för människor. En bakterietillväxt kan identifieras med att den avger en stark lukt som lätt fastnar på kläder och inredning. En instängd, jordaktig eller källaraktig lukt är karaktäristik för strålsvampar. Ordet strålsvamp kommer från att bakterierna sprider sig likt en svamps mycel. Bakterierna kan överleva höga temperaturer, torka och även starka kemikalier. (RT 08-10420, 1990)

Rötsvampar kan förstöra trä så att dess förmåga att bibehålla fukt förstörs och därmed blir träet skört och förlorar sina hållfasthetsegenskaper. Men rötsvampen orsakar mest problem med konstruktionen och påverkar inte inomhusluften eller människans välbefinnande. (Hengitysliitto, 2018)

Mögelsvamparna är mikroorganismerna *acremonium*, *aspergillus*, *chaetomium*, *cladosporium*, *fusarium*, *paecilomyces*, *penicillium* och *stachybotrys*. Mögelsvampen missfärgar även andra material än enbart trä och trivs bra i fuktiga i miljöer med dålig ventilation. Mögellukten fastnar lätt på kläder och andra textilier. Alla typer av mögel är inte farligt men vissa typer av mögelsvamp kan orsaka allergier, trötthet, nästäppa, huvudvärk, yrsel, eksem, nedsatt immunförsvar, feber och sjukdomar i luftvägarna. En av de farligaste sorterna kallas ofta svartmögel men heter egentligen *Aspergillus Niger*. (RT 08-10420, 1990)

För att mögel och andra mikrober skall kunna växa behövs en konstant relativ fukthalt på över 70 – 75 % och en temperatur mellan +10 °C och +55 °C. Överstiger den relativa fukthalten 90 % så är tillväxten snabb. Om temperaturen är under 0 °C avstannar tillväxten och mikroberna går i viloläge, men mikroberna lever kvar och väntar på gynnsammare förhållanden. Organiska byggnad-material som trä, spånskivor, tyger och organiska fogmassor angrips snabbare av mikrotillväxt än oorganiska byggnadsmaterial. (RT 05-10710, 1999)

Mikrotillväxt i fastigheten kan misstänkas om det är en unken lukt inomhus. Dessutom kan det finnas synliga fuktfläckar eller mögeltillväxt i form av mörka prickar. Förutom dessa kondenseras inomhusluftens fukt på ytterväggar, fönster, ytterdörrar och andra kall ytor. Mögel, andra mikrobers sporer och lukter sprids i inomhusluften på grund av felaktig ventilation eller undertryck. Lukten är som starkast då tillväxten sker. (Hengitysliitto, 2018)

Mikrobskador kan orsaka hälsobesvär som allergier, irritation i ögon, näsa och hals, torr hud och torra slemhinnor, hudrodnad, oförklarlig trötthet, huvudvärk, upprepade luftvägsinfektioner och hosta, heshet, pipande andning och ospecifik överkänslighet, illamående och yrselkänslor. (RT 05-10710, 1999)

3 Riskkonstruktioner

En riskkonstruktion är en konstruktion som kan orsaka problem i form av att fukt samlas i konstruktionen och i slutändan leder till mögel, lukter och emissioner som skapar en dålig inomhusluftmiljö. De konstruktionerna som lättare drabbas av skador kan sägas vara riskkonstruktioner. Enligt somliga så har riskkonstruktionerna blivit allt vanligare när man eftersträvar energibesparingar och därmed tar i bruk nya och obeprövade byggnadsmetoder, uppvärmningssystem och ökar på isoleringen. (Andersson, 2016)

3.1 Grunden

Fuktbelastningen av byggnaden ökar om markytan utanför har en felaktig lutning, golvytan ligger lägre än markytan eller om marken i värsta fall sluttar mot huset. Utöver detta så kan huset ha en fel sockelkonstruktion, köldbryggor, otillräcklig dränering och otillräcklig fuktisolering kring grunden gör att fukt tränger in i bottenbjälklaget, krypgrunden eller i källarväggen. Förutom konstruktionsfel kan fukt tillföras grunden genom rörläckage, felaktiga genomföringar samt bristfälliga vattenisoleringar i våtutrymmen. (RT 80-10712, 1999)

3.1.1 Krypgrund

Före moderna konstruktioner blev vanliga var en form av krypgrund, det vill säga torpargrund ett vanligt och funktionerande grundläggningssätt. Men i och med att man ville ha tätare hus och isolerade golvbjälklaget allt mer blev krypgrunden en riskkonstruktion. Värmen från huset slipper ej längre ner i krypgrunden som aldrig kan torka upp. En skadlig fukthalt uppstår då grundens ventilation inte är tillräcklig och fukt tillförs via bristfällig dränering. Ofta finns byggnadsmaterialrester kvarlämnade i krypgrunden och under inverkan av fukt, värme och brist på ventilation börjar materialet mögla och sprider orenheter till inomhusluften via otätheter på grund av undertryck i konstruktionen. (Andersson, 2016)

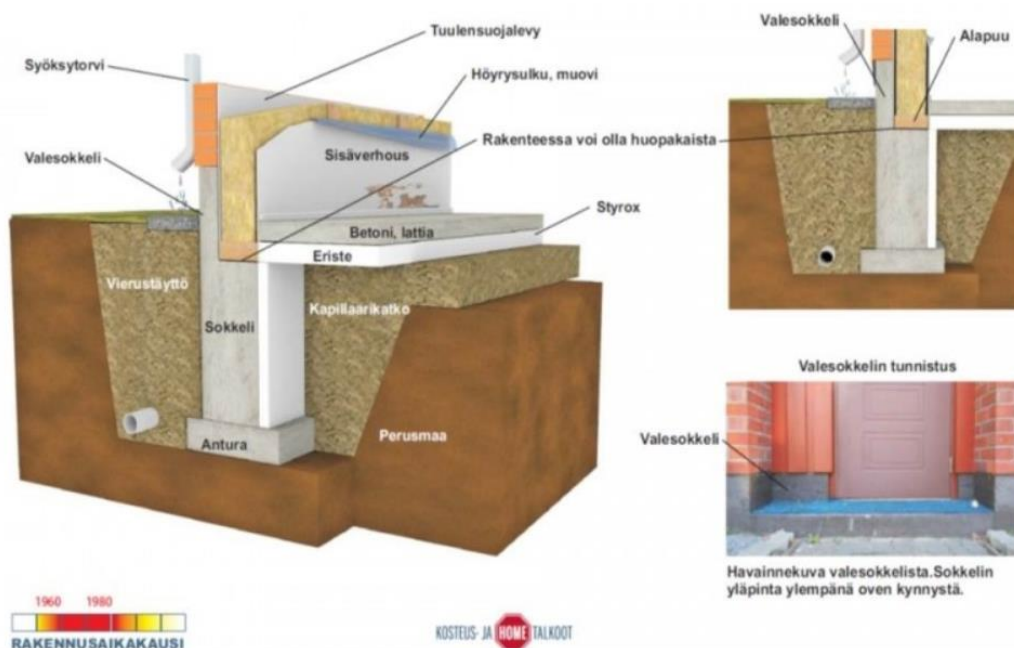
3.1.2 Platta på mark

Platta på mark som var vanligt på 1960- och 1970-talet och byggdes ofta utan ett tillräckligt kapillärbrytande skikt och betongen kunde innehålla organiska delar som trä från gjutformar och stödkonstruktioner som lämnades kvar. Betongens blandningsprocess var inte mekaniserad så betongen kunde innehålla varierande ballast kvaliteter. För mycket fint material i ballasten agerar fukttransporterande medan för mycket grovt material i ballasten

påverkar hållbarheten. Utöver detta var täcksiktet ovanpå armeringen ofta för litet och dessutom placerades ofta isoleringen ovanpå betongplattan istället för under. Eftersom ingen isolering finns under plattan och inget dränerande skikt finns så stiger fukten upp i plattan och en perfekt miljö för tillväxt av mögel och mikroorganismer skapas. Ofta har dessutom en tät plastmatta limmats på den blöta betongplattan och limmet och mattan börjar med tiden avge skadliga emissioner. (RT 80-10712, 1999)

3.1.3 Blindsockel

Blindsockel är en form av enklare version av krypgrunden där det inte finns grundmurar, se figur 7. Kännetecknet för en blindsockel är att sockelns övre del är på samma höjd som golvytan eller högre. Blindsockeln är en riskkonstruktion eftersom sockelns höjd och brist på fungerande dränering gör att sockeln drar i sig fukt från grundvattnet och omkringliggande markfukt. Fukten stiger upp i konstruktionen och gör åverkan på golv och väggkonstruktioner. (Martin, 2016)



Figur 7 Blindsockelns golvnivå kan vara placerad på samma höjd eller i värsta fall lägre än marknivån. Fukt stiger upp i konstruktionen och förstör golv och väggar. (Hometalkoot, 2017)

3.2 Ytterväggen

Ytterväggar belastas konstant av regn, snö och vind. Väggarna behöver inte vara riskkonstruktioner om de är korrekt konstruerade och inga fel har skett under byggnadsskedet. Felaktigt konstruerade eller söndriga dropplåtar, fönster- och dörrbläck, hängrännor och stuprör gör att vattnet från taket rinner längs med väggen. Väggekonstruktion i sig själv kan vara otät på grund av bristfällig isolering och köldbryggor samt ligga för nära markytan så fukt dras in i väggkonstruktionen. En inte allt för ovanlig orsak till fuktskadade ytterväggskonstruktioner är att det under byggnadsskedet regnat på byggmaterialet eller halvfärdiga konstruktionen, fukten har inte hunnit torka upp eller materialet skadats för gott och detta orsakat kvarvarande mögel- och fuktskador. Trädelar, gips eller andra känsliga byggnadsmaterial som blivit våta bör tillåtas torka ut under byggnadsskedet eller helt bytas ut för att undvika mikrobskador. (RT 80-10712, 1999)

3.2.1 Luftspalt

Luftspalt krävs på alla moderna ytterväggskonstruktioner i vårt klimat. Luftspalter som är otillräckliga, blockerade eller helt saknas gör att fukt byggs upp inne i konstruktionen. Brist på ventilationsöppningar till luftspalten eller att ventilationsöppningarna är blockerade förhindrar luftväxling och upptorkning. Otätheter kring sockel, dörrar och fönster möjliggör att regnvatten slipper in i luftspalten. (Hometalkoot, 2017)

3.2.2 Träfasad

Träväggarnas ytbehandling får inte vara så tät att fukt inne i konstruktionen inte slipper ut. Om ytbehandlingen är för sliten eller tunn så hålls träet konstant är fuktigt och drabbas av röta. Slarvigt monterad träpanel med dåligt inslagna spikar och glapp i panelfasaden gör att regnvatten slipper in i konstruktionen. (RT 80-10712, 1999)

3.2.3 Tegelfasad

Tegelväggar eller väggar av stenmaterial blir fuktiga vid regn om ytbehandlingen i form av rappningen är för tät eller om luftspalten inte är korrekt konstruerad kan den höga fukthalten leda till mögeltillväxt. En våt tegelvägg kan dessutom få fryssprickor som leder till att allt mer fukt slipper in i konstruktionen. (Martin, 2016)

3.2.4 Betongvägg

Betongväggar blir till riskkonstruktioner om betongytan går sönder genom att icke frostbeständig betong har använts eller att ballasten har för mycket fint material som transporterar fukt. När väggen blir blöt tränger fukt in i väggen genom karbonatisering, när armering, armeringen rostar och ytan går sönder. Då konstruktionen skadas blir också inomhusklimatet med tiden dåligt och hela konstruktionens hållfasthet försämras. Betongelementväggarnas fogar blir efter hand hårda och får sprickor som ger fukten tillträde till väggkonstruktionens inre delar. (Sisäilmayhdistys Ry, 2008)

3.3 Vattentaket

Skador på vattentaket beror på antingen utifrån kommande vatten eller på kondens inifrån från fuktig inomhusluft. Låglutande eller helt horisontella tak kräver extra mycket underhåll och skötsel. Vattentakets konstruktioner kan skadas av att man har oförsiktigt manuellt avlägsnat snö samt is och därmed orsakat sprickor och hål igenom vilka vatten slipper in i takkonstruktionen. Brist på hängrännor, för små dimensioner eller felaktiga lutningar på dessa leder till dålig avledning av regnvatten som kan ge fukt tillträde. I vissa fall kan snö och regn komma in i ventilationsrören genom avsaknad av skyddskonstruktioner. Fukten från nederbörden kondenserar på utsidan av rören och fukt inne i takkonstruktionen uppstår. Ett flertal fuktproblem orsakas av felaktigt monterat underlagstak. Ett felaktigt val av underlagstak för objektet kan ha blivit gjort i byggskedet, det kan ha monterat fel, bristfälligt eller t.o.m. helt saknas. Dessutom kan underlagstaket ha sönderfallit på grund av ålder eller brist på underhåll. (RT 80-10712, 1999)

3.3.1 Bitumenfilt

Gammal bitumenfilt som använts på platta tak är speciellt känslig eftersom den med tiden blivit hård och inte längre uppnår samma hållbarhet som då den monterades. Bitumenfilt som är gammal blir porös på grund av UV-strålning och värme kan få skador genom att byggnaden rör sig och rörelser kring genomföringar sker. Äldre bitumentak kan ha för små lutningar och takbrunnarna kan vara felaktigt placerade därmed samlas vattnet på taket i pölar och brunnarnas öppningar kan frysa igen. (Sisäilmayhdistys Ry, 2008)

3.3.2 Plåt

Otäta takgenomföringar eller falsar på plåttak ger fukten tillträde till vattentakets konstruktioner. För små takplåtar kring genomföringar och bristfällig konstruktion vid övergång från tak till vägg gör att regnvatten rinner längs med väggen och speciellt tegel- samt träväggar får snabbt fuktskador. Placeras råsponen direkt på underlagstaket utan en luftspalt på ett falsat plåttak drabbas trämaterialen i det oventilerade utrymmet av röta. Samma händer om det övre bjälklaget har otillräcklig ventilerings. (Hometalkoot, 2017)

3.3.3 Tegeltakpannor

Takpannorna kan vara söndriga, det kan finnas otätheter eller rent av monteringsfel på takteglen. Underliggande takpapp även vara söndrig av ålder eller monteringsfel. Allt detta gör att snö och regn blåser in i undertaket och skadar konstruktionen. (Hometalkoot, 2017)

3.4 Inomhus

Problem som finns med grund, ytterväggar och tak påverkar naturligt även inomhus. Om fukt kondenseras på ytor och fönster tyder det på att det finns brister i isolering och att det finns köldbryggor i konstruktionen. (RT 80-10712, 1999)

3.4.1 Stegdämpare

I vissa äldre byggnader har man använt stegdämpare av organiskt material som kokosfibrer mellan bärande betongbjälklaget och ytgjutningen. Fukt kan bidra genom kondens på ventilationsrör, bruksvatten- och avloppsrör inne i konstruktionen, rörläckage eller läckande hushållsmaskiner. Metallrören som används till avlopps- och bruksvattenrör håller 20 - 60 år. Vid läckage rinner vattnet genom betongyttskiktet och samlas i det instängda organiska materialet även om den omkringliggande betongen torkar. I det organiska materialet kan mikroskador utvecklas och de boende få hälsoproblem. (RT 80-10712, 1999)

3.4.2 Våtrum

Våutrymmens fuktbelastning är stor och ofta en källa till fuktskador i bostäder. Våutrymmen bör ha en tillräcklig vattenisolering för att inte fukt skall transporteras till bredvidliggande konstruktioner. Plastmatta på golv bör monteras med tillräckligt uppvik, med täta fogar och så att den sluter tätt vid brunnar och wc-stol. Samma gäller med montering av våtrumstapet. Rör genomföringarna och inredningens infästning kan släppa in

fukt i konstruktionen om de är otäta. Med tiden blir våtrumsmattor och tapeter sköra och går lättare sönder i kanter och vid genomföringar. Monteringsfel och felaktigt val av skivmaterial till våtrumsväggarna eller avsaknad av fuktisolering/fuktspärr garanterar fuktskador. Fuktspärren, mjukfogar och kakelfogar blir dessutom med tiden hårda och kan tillslut gå sönder på grund av underlagets rörelser. Våtrummet livslängd kan anses vara 20 - 30 år varefter ytorna och vattenisoleringen bör förnyas. (Sisäilmayhdistys Ry, 2008)

3.4.3 Ventilation

Skador som uppstår inomhus beror på fel i konstruktion eller på felaktig ventilation. Det övertryck som bildas i bostaden eller huset på grund av dålig ventilation eller brist på ventilation är en bidragande orsak till fuktskador. Övertrycket driver ut fukten från inomhusluften in i ytterväggar och övre bjälklag via håligheter och andra otätheter i ång- och luftspärren. Fukten samlas i konstruktionsdelarna och leder i slutändan till fuktskador och därmed inomhusluftproblem. Undertryck inomhus gör att orenheter inne i konstruktionen dras in i inomhusluften via otätheter i luftspärren. Ventilationen byggdes tidigare enligt huset och i vissa fall kan ventilationen bestå av för det nuvarande bruket underdimensionerade ventilationsrör. Ventilationsrören kan även vara kantiga och ha många 90° vinkeländringar som gör att strömningshastigheten är för låg för det nuvarande bruket. (RT 18-11217, 2016)

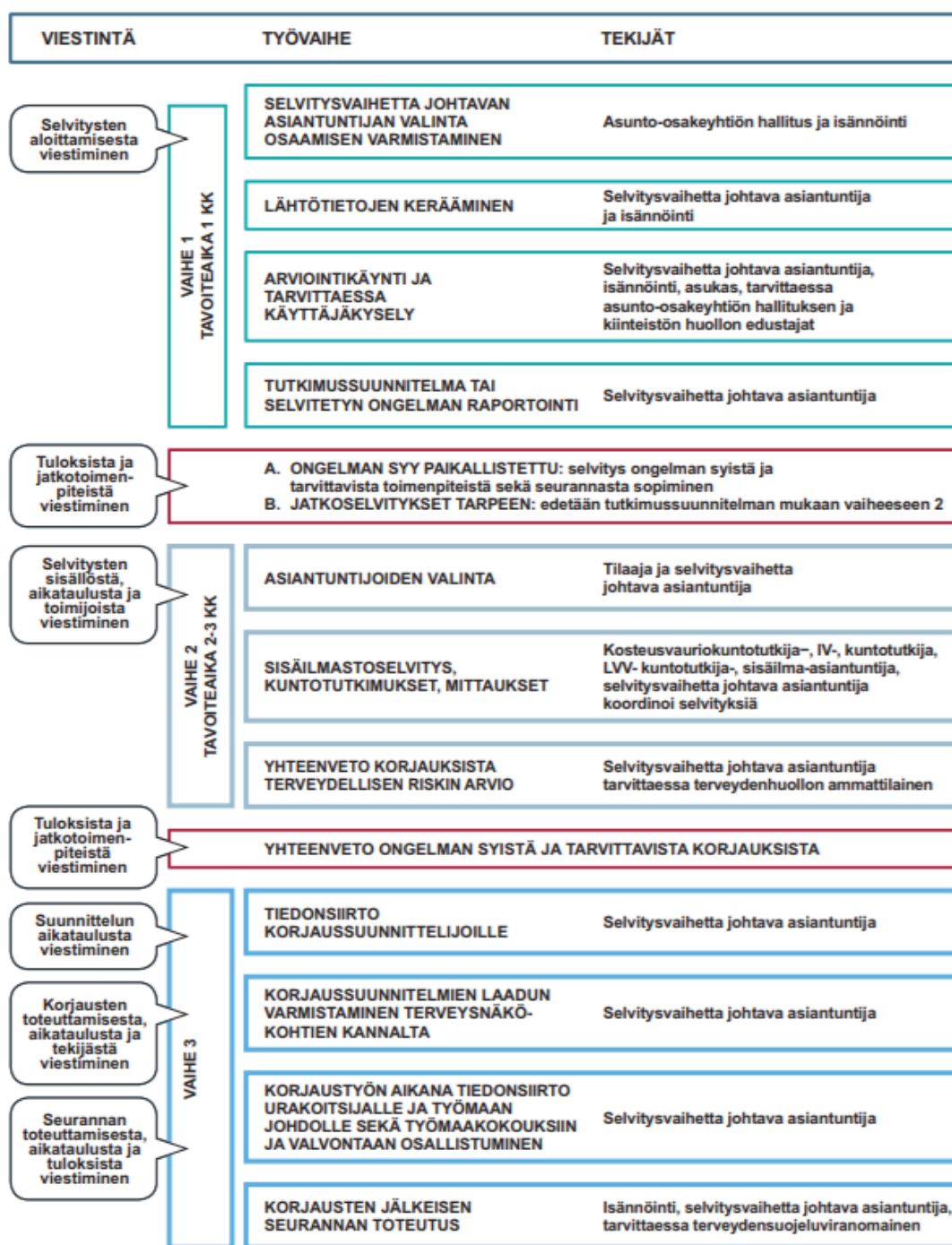
I äldre hus är ofta våtrummens ventilation bristfällig och luften hålls fuktig allt för länge. Långvarig fukt kan få väggarna och takets ytor att börja mögla. Om frånluftsventilen är placerad för nära dörren far tilluften direkt från dörren till ventilen utan att luftväxling i våtrummet sker. Ofta kan tilluftsintagen kan fattas, det vill säga ingen springa under dörren eller ingen tilluftsventil finns. (Hometalkoot, 2017)

4 Undersökning

För att lösa problem med inomhusluft behövs en sakkunnig för att leda undersökningsarbetet. Undersökningens utgångspunkt är oftast en hyresgästs eller aktieägares anmälan om problem som mögellukt eller hälsosymptom som eventuellt är relaterade till boendemiljön. Speciellt om utredning blir långdragen finns skäl att hålla lägesrapporter så att de iblandade vet hur undersökningen framskrider. (RT 18-11144, 2014)

4.1 Undersökningen delas in i faser

I RT-kortet 18-11144 *Tilaaajan ohje sisäilmaongelman ratkaisemiseen asunto-osakeyhtiössä* har man delat in kartläggningen och åtgärderna i olika faser. Faserna är förklarade i ett schema i RT-kortet, se figur 8. Under alla faser är det viktigt att aktörerna förmedlar resultaten och tidtabellerna till både kunden och husbolaget. All dokumentation och rapportering bör ske så att även en icke i ämnet insatt person kan förstå dem. (RT 18-11144, 2014)



Figur 8 Undersökningens indelning i faser enligt RT 18-11144

4.1.1 Fas 1, kunskapshämtning

Fas 1 uppskattas att ta 1 månad. Under denna fas väljs en sakkunnig för att utreda problemen och utredningens utgångspunkter etableras. Den boendes iakttagelser och erfarenheter efterfrågas, symptom noteras och observationer på huset samt bostadens kondition görs. På basen av den boendes kommentarer och de upptäckter som görs bildas en uppfattning av vad som eventuellt orsakar de upplevda problemen. För att underlätta utredningen är det bra att få tillgång till konstruktionsritningar, ventilationsplaner samt kunskap om eventuella tidigare undersökningar, skador eller reparationer. (RT 18-11144, 2014)

Små lätt identifierbara tekniska problem som stopp i den maskinella ventilationen eller små läckage kan fastighetsskötselns personal åtgärda genast. Problemen med inomhusluften kan även bero på den boendes egna agerande som bristande städning eller obstruktion av ventilationen. Om problemen beror på den boendes agerande bör denna upplysas om detta felaktiga beteende och uppmanas till att korrigera läget själv. (Ympäristöministeriö, 2016)

Om orsaken till problemen förblir oklar uppgörs en utredningsplan med förslag på vilka undersökningar som bör göras och man övergår till fas 2. Ifall orsaken hittas under fas 1 uppgörs en åtgärdsplan med förslag på hur reparationen skall gå till och man framskrider till fas 3. (RT 18-11144, 2014)

4.1.2 Fas 2, provtagning

Fas 2 uppskattas ta två till tre månader. Denna fas inleds eftersom det finns behov för fortsatta undersökningar för att ta reda på vad som orsakar problem. Under utredningsfas 2 görs fuktmätningar av ytfukt, luftfuktighet samt relativ fukthalt. Dessutom kan man behöva göra tilläggsundersökningar som:

- fotografering med värmekamera
- konditionsmätning av ventilationssystemet i form av mätning av ventilationens funktion, täthet och luftflöden
- konditionsundersökning av värme-, vatten- och avloppssystem i form av fotografering av rör
- kartläggningar av skadliga och förorenande ämnen genom provtagning av luft eller material
- undersökningar med mögelhund.

Utöver dessa behöver man analysera om konstruktionen är en riskkonstruktion och vad som eventuellt kan ha tagit skada av fukt. Detta sker i samband med undersökningen via antingen konstruktionsritningar eller undersökning med borrhov samt rivning av delar av konstruktionen. Även täthetsmätningar kan utföras, men är extremt svåra att utföra på större objekt som radhus eller höghus. Enskilda lägenheter kan däremot täthetsmätas. Om kunskapen om hur de olika provtagningarna eller undersökningarna inte finns bör utomstående specialister anlitas. (RT 18-11144, 2014)

När det är klart varför problemen uppstått så sammanfattas de i en rapport. I denna rapporten listas åtgärdsförslagen i viktighetsordning med det som orsakar mest problem först. Förrän reparationen eller saneringen kan påbörjas måste det göras en riskanalys där man bedömer hur skadligt det är att vistas i bostaden under reparationsarbetet. (Ympäristöministeriö, 2016)

4.1.3 Fas 3, åtgärder och uppföljning

Fas 3 pågår tills alla problem är åtgärdade. När orsaken till problemen och åtgärdsplanen är gjord skapas en reparationsplan. Reparationsplanen bör innehålla instruktioner om skyddsåtgärder och om undertryck behövs under arbetets gång samt städning medan och efter arbetet. Den sakkunniga som lett utredningen informerar reparationsplaneraren om orsaken till problemen, omfattningen och målen med reparationsarbetet. Denna information förs även vidare till den som utför arbetet. Under sanering- och reparationsåtgärdernas gång bör det ske en regelbunden dokumentation och övervakning. En uppföljning där det kontrolleras att de upplevda problemen inte längre finns kan utföras efter att reparationen är slutförd. Uppföljningen bör inte ske för snabbt eftersom vissa hälsosymptom fortfarande kan kvarstå upp till 6 månader efter att orsaken till dem är eliminerad. (RT 18-11144, 2014)

5 Provtagning

Mätningar och provtagningar av utrymmena skall utföras under förhållanden som motsvara den normala användningen. Mät- och provmetoderna skall vara tillförlitliga och göras enligt standardiserade metoder. Utbildning och kunskap krävs för att korrekt kunna använda utrustningen samt att tolka resultaten. Provtagningsutrustningen bör vara kalibrerad enligt tillverkarens anvisningar och bör ske med jämna mellanrum som är specifika för mätinstrumentet. Prov som skall analyseras i laboratorier bör tas enligt laboratoriets anvisningar och kvalitetssystem. I analysutlåtandet anges vilken metod som använts vid mätning, provtagning, analys, kvalitet av provet och vilka principer som iakttagits vid tolkningen av resultaten. Om gränsen för åtgärder överskrids bör man göra en granskning av osäkerheten vid provtagningstillfället och därefter fortsätta analysen. Värdena som anses vara en överskridning är exponeringsvärdena som nämns i lag 545/2015 ”social- och hälsovårdsministeriets förordning om sanitära förhållanden i bostäder och andra vistelseutrymmen samt om kompetenskrav för utomstående sakkunniga”. (Sosiaali- ja asumisterveysministeriö, 2003)

5.1 Fuktmätning

Fukt i konstruktionerna är ofta orsaken till problem med inomhusluft. För att lokalisera en eventuell fuktkälla och skadeområden bör en fuktmätning utföras. Fuktmätningar kan delas in i mätning av inomhusluften, ytfuktmätning och mätning av fukt inne i konstruktionen. För ett tillförlitligt mätresultat bör man kalibrera mätinstrumentet med jämna mellanrum. (RT 18-11217, 2016)

5.1.1 Mätning av luften

Med mätning av inomhusluften fastställer man kvaliteten av luften, fukthalten och konstruktionens byggnadstekniska funktion. Inomhusluftens relativa fukthalt påverkas av utomhusluftens fukt och temperatur, inomhusluftens temperatur, luftombyte och fuktkällor. Vid mätning av inomhusluft rekommenderas att man även mäter utomhusluften. Genom att jämföra inom- och utomhusluftens fukthalt kan man reda ut inomhusluftens fuktillägg. Inomhusluftens relativa fukthalt kan variera kraftigt inom några timmar beroende på ventilation och på fuktkällor som till exempel användning av dusch. På grund av variationen i luftfuktighet bör fukten mätas under en längre tid. Beroende på fallet kan man behöva mäta

luftfuktigheten ett till sju dygn. Mätinstrument som används för inomhusluftmätning bör kalibreras med tre till tolv månaders mellanrum. (Sisäilmayhdistys Ry, 2017)

5.1.2 Mätning av ytfukt

Ytfuktmätare reagerar på ytfukten i materialet genom att mäta materialets elektriska ledningsförmåga. Ytfuktmätning är en riktgivande metod som innebär en hel del osäkerheter. Med att mäta ytfukten kan man identifiera fuktskillnader men inte med säkerhet etablera konstruktionens fukthalt. Ytfuktmätning kan användas för en preliminär kartläggning av skadornas omfattning t.ex. vid fuktskador. (RT 18-11217, 2016)

Vid ytfuktmätning bör man ta i beaktande mätinstrumentens skillnader. Därmed är det bäst att mäta med ett instrument som man är bekant med. Mätningen utförs systematiskt och mätvärdena antecknas. Jämför mätvärdena till referensområden som med säkerhet har torra värden. Man bör även uppskatta om det är fråga om fukttransport från andra konstruktioner eller om det finns vattenrör, el-dragningar, armering eller luftspalter som kan orsaka mätfel. Endast i klara fall kan ett reparationsbeslut genast tas, annars bör säkrare mätmetoder användas för att kontrollera konstruktionens verkliga fukthalt. (Sisäilmayhdistys Ry, 2017)

5.1.3 Mätning inuti konstruktionen

Mätningar av fukten inne i konstruktionen kan utföras på flera olika sätt. Man kan ta reda på materialets fuktjämnvikt genom att placera givare på det undersökta materialet. Dessutom kan man ta ett materialprov vars fukttinnehåll fastställs genom kemiska metoder eller genom undersökning där man väger materialet som fuktigt och som torrt. (Sisäilmayhdistys Ry, 2017)

En annan metod i vilken man etablerar konstruktionens fukthalt är med hjälp av borrhålsmetoden. Ett 16mm:s hål görs i konstruktionen till det djup var materialet vars fukthalt man vill undersöka befinner sig. Hålet rengörs från damm och hålets öppning görs lufttät t.ex. med tejp. Mätningen kan utföras som tidigast följande dygn. Mätinstrumentet injiceras i borrhålet genom tejp, så hålets öppning hålls lufttät. Mätningen sker tills värdena som instrumentet ger är stabila. Samma hål får endast användas för en mätninggång så om man vill mäta igen, bör nya hål göras. Mätningar av fukthalt med borrhålsmetoden blir missvisande om inomhustemperaturen är under +15°C eller överstiger +25°C. Vid analysen av resultaten bör man känna till konstruktionsmaterialen och tjocklekar. (RT 14-10984, 2010)

Betongens fukt kan även undersökas genom att ta provbitar som placeras i ett provrör i vilket mätinstrumentet placeras lufttätt och den relativa fukthalten kan avläsas. Betongens fukthalt är enklare undersöka med borrhålsmetoden då inget damm från bilning av materialet uppstår och inga extra tillbehör som provrör krävs. (RT 14-10984, 2010)

Vill man undersöka fukten under en golvbeläggning kan man göra ett snitt i golvmattan på stället man misstänker fukt. Golvmaterial tas loss så pass mycket att mätinstrumentet kan injiceras under mattan varefter öppningen runt mätinstrumentet tätas med kitt. Instrumentet bör stabiliseras minst 15 min och sedan kan relativ fukthalt samt temperatur avläsas från mätinstrumentets skärm. (Sisäilmayhdistys Ry, 2017)

5.2 Värmefotografering

Med hjälp av värmefotografering, som även kan kallas termografering, kan man kontrollera konstruktionen utan att förstöra den. Värmekameran registrerar ytans infraröda strålning och mäter därmed temperatur samt värmefördelning på det område som finns inom kamerans synfält. Eftersom ingenting förstörs under värmefotograferingen är den ett billigt och snabbt sätt att hitta fel som brister i isoleringen, köldbryggor, värmeläckage, fukt- och mögelskador. Kall utomhusluft kan dra in orenheter som mögelsporer, damm och avgaser. Misstänker man fuktskador kan man komplettera värmefotograferingen med en fuktmätning. Söndriga avloppsrör, bruksvattenrör, golvvärmerör sprider fukt, bakterier samt sporer. Även dessa kan upptäckas med värmekameran som kallare områden. (FLIR, 2012)

Värmekameran bör kalibreras minst vartannat år och ett intyg på att detta har gjorts bör finnas. Kalibreringen görs av tillverkaren, importören eller någon annan licenserad instans. Kartläggaren, det vill säga termograferaren bör ha ett certifikat på utförd kalibrering. (RT 14-11239, 2016)

För att värmefotografering skall kunna utföras bör temperaturskillnaderna inom- och utomhus vara tillräckligt stora. Bästa mätresultatet uppnås då utomhustemperaturen är under 0 °C och inomhustemperaturen +18 °C - +22 °C. Dessutom bör det helst vara mulet och vindstilla eftersom solljus och kraftig vind påverkar resultatet. Förhållandena inom och utomhus antecknas och tas i beaktande då man tolkar mätningsvärdena. Efter undersökningen med värmekameran är utförd sammanställs en rapport som ligger till grund för renoverings- eller saneringsförslaget. (RT 14-11239, 2016)

5.3 Ventilationsmätning

För att kontrollera att det finns tillräcklig luftväxling och till- och frånluftflödenas förhållande är korrekt bör ventilationsmätningar utföras. Vid en ventilationsmätning mäts luftflöden eller tryckskillnader. Mätningarna bör utföras under normal användning och undviks att utföras om det är kallare än -20 °C eller varmare än +22 °C utomhus. Hårda vindar och stora lufttryckskillnader skall också undvikas. (RT RakMK-21503, 2011)

I höghus kan ett förorenat utrymme som källargrunden vara försett med övertryck som gör att orenheter spridas via luftflödena uppåt i byggnaden. Spridning av orenheter beror oftast på otillräcklig tilluft. Otätheter och orenheters spridning kan mätas med spårämnena SF₆ eller N₂O. Spårämnena ser ut som rök. Ämnena som finns i ampuller kan placeras i utrymmen vars luftläckage man vill testa eller i ventilationskanalerna. (RT RakMK-21503, 2011)

En visuell kontroll av ventilationskanalerna utförs i samband med mätningen. Då kontrolleras att kanalerna är i sånt skick så att de kan fungera som planerat. Ventilationskanalerna skall vara rena eftersom smutsiga kanalsystem påverkar luftflödet och skapar tryckskillnader, kanalerna får inte ha luftläckage som påverkar luftflödet och isoleringen skall vara intakt så att inte kondens kan uppstå på oskyddade delar i ventilationskanalerna. (RT RakMK-21503, 2011)

5.4 Filmning av rör

Läckande eller felaktiga avloppsledningar, regnvattenrör och brunnar kan orsaka fuktskador och hälsovådliga emissioner. Ett bra sätt som inte orsakar skador på konstruktionen att undersöka rörsystemet med en kamera. Kameror som används vid filmning av rör har en diameter på 20 - 120 mm och kan roteras 360°. Kameran är monterad på en lång kabel som kan styras in i avloppssystem, regnvattenrör, skorstenar, ventilationskanaler och i vissa fall även konstruktioner. Kameran visar det som filmas på en skärm från vilken man kan upptäcka kvalitetsbrister eller läckage, se figur 9. Kameran kan zooma in och man upptäcker bakfall samt onödiga krökar kan orsaka läckage genom att de lätt orsakar stockningar. Filmning av rör lämnar sig utmärkt för äldre bostadshus och kan ge ett utlåtande som man kan basera renoveringsbehovet på. (Pelti-Ässät Oy, 2018)



Figur 9 Filmning av rör (Sanfors Oy, 2018)

5.5 Provtagning av mikrober

Om problemen med inomhusluften inte kan härledas till fuktskador, otäta konstruktioner, ventilationen eller avloppssystemet skall prover på inomhusluften och material tas. Om problemen med inomhusluft kvarstår efter att fel i ovannämnda upptäckts och åtgärdats, bör även då prover tas. Mikrobtiltväxt som är synlig behöver man inte nödvändigtvis ta prover på. Annars så konstateras mikrobiell tillväxt i byggnadsmaterial i första hand genom en analys med en serieutspädnings- eller direktodlingsmetod. Prover kan tas i luften eller av och på det skadade byggnadsmaterialet. Om man tar materialprov så skall man se till att även ta ett prov av en icke skadad referensyta. (Sosiaali- ja asumisterveysministeriö, 2003)

Under provtagningen för man ha rena provtagningsverktyg och börja från renare och gå mot smutsigare utrymmen. Man tar referensproverna först och använder rena påsar som går att försluta för proverna. Provtagaren bör skyddshandskar och kläder för att inte kontaminera proven. Vid behov kan även andningsskydd behövas. (Sosiaali- ja asumisterveysministeriö, 2003)

5.5.1 Direktmikroskopiering

Provet kan granskas direkt under mikroskop, det vill säga direktmikroskopiering. Om materialet är för hårt kan man trycka en genomskinlig tejp-bit mot den misstänkta påväxten. Biten placeras sedan med limsidan uppåt och kan undersökas med mikroskop. Svaret ses direkt under mikroskopet. Provmaterialet kan odlas på medium, det vill säga

spädningsodling. Då gör man av materialet en spädningsserie i saltlösning som bredds ut i skålarna. Sporerna som finns i materialet växer på mediet och kolonnerna kan identifieras efter 14 dygn. Eller så kan provmaterialet undersökas genom direktodling då man placerar materialet i skålar och sporerna utvecklas till kolonier. Kolonierna kan identifieras efter 14 dygn. (Turun yliopiston ympäristöntutkimuskeskus aerobiologian yksikkö, 2015)

5.5.2 Ytprov

Ibland kan konstruktionsmaterialet vara för hårt för ett ytprov. Då kan man ta ett ytprov. Då använder man sig av sterila bomullspinnar som doppas i saltlösning som finns i färdigbeställda provrör. Man svabbar av provområdet, bryter av bomullspinnen så provet hålls i provröret och skickar iväg provet för undersökning. Proven odlas och svaren kommer efter 14 dygn. (BestLab Oy, 2017)

5.5.3 Luftprov

Om man inte hittar en mikroskada men symptomen hos användarna gör att man trots allt misstänker en skada samt att man vill stärka eller utesluta möjligheten för en mikroskada kan ett luftprov tas. Luftprovtagningen rekommenderas att göras på vintern när marken har tjäle och när marken snötäckt. Vid luftprovtagningen samlas luftburna sporer in på ett kärl som har med odlingsmedium. Proven odlas och svaren kommer efter 14 dygn. (Sosiaali- ja asumisterveysministeriö, 2003)

5.6 Analys av mikroskador med mögelhund

Ibland kan det kräva mycket arbete för att hitta dolda mikroskador. En skolad mögelhund indikerar ställen var det finns lukt som avges från mikrober. Hundens nos är känslig och kan upptäcka även intorkade skador som inte upptäcks med fuktmätningar. En undersökning med mögelhund är endast riktgivande så vidare undersökningar och provtagningar bör utföras. Men hunden kan ge en snabb översikt och eventuellt hitta skadeställena snabbt. (Drytec Oy Ab, 2009)

Under undersökningen markerar hunden genom att skrapa på stället därifrån den känner lukt från mikrober. Om hunden markerar samma ställe ett flertal gånger kan detta indikera en skada i konstruktionen. Eftersom hundens nos är känslig så kan man inte utefter markeringarna bedöma skadas omfattning. Efter att hunden tillsammans med handledare gått igenom lägenheten så märker handledaren ut ställena var hunden markerat på bottenplan.

Efter detta kan materialprov eller undersökande rivningsarbete påbörjas och mikrobskadans omfattning och skadlighet blir känd. (Investigo Oy, 2017)

5.7 Mätning av luftens kemiska agens, VOC-mätning

Ett sätt att kontrollera inomhusluften är genom att mäta luftens flyktiga organiska ämnen, det vill säga främst kemiska föroreningar är VOC-mätning. VOC:ers närvaro kan antyda på skadligt höga emissioner, hög mikrobtiltväxt eller att det finns stenkolsjära i konstruktionerna. VOC-mätningarnas resultat på luft eller material kan vara svårtolkade. Det rekommenderas att VOC-mätningar endast utförs om andra undersökningsmetoder inte gett ett entydigt svar. (Sosiaali- ja asumisterveysministeriö, 2003)

5.7.1 VOC-mätning av luft

Vid VOC-mätning tar man ett luftprov mitt i rummet på en höjd av ca 1,1m. Provet tas i det rum som man uppvisar mest symptom i. Ventilationen i rummet skall vid provtillfället motsvara den normala användningen. Under provtagningen för fönster, ytterdörrar och eventuella vädringsluckor hållas stängda. Luftprovet skickas till ett laboratorium och provsvaret fås på tre till fem vardagar. Resultatet jämförs med de emissionsvärden som fastställts som referensvärden genom forskning. (Turun yliopiston ympäristöntutkimuskeskus aerobiologian yksikkö, 2015)

5.7.2 VOC-mätning av material (FLEC-mätning)

VOC-mätning på material kallas för FLEC-mätning. Mätningen lämpar sig främst för golvytor som är belagda med plastmattor i PVC, det vill säga polyvinylklorid. Mattan bryts ned av slitage, värme, fukt eller mikrober och börjar avge 2-etylhexanol som orsakar en obehaglig lukt. Men även andra material än plastmattor kan undersökas med FLEC. (Ositum Oy, 2017)

FLEC-mätningen utförs på golvytan i utrymmen där man misstänker emissioner, det vill säga användarna upplever en obehaglig lukt. Ett referensprov är skäl att tas i ett utrymme med samma konstruktion och där inga problem upplevs. Provet kan tas på direkt på plastmattan. Om man vill undersöka betongen under plastmattan kan mätningarna utföras tidigast tre dygn efter att ovanliggande matta avlägsnats. Mätning av betong sker endast om ytbeläggningen är svårt skadad och man misstänker att VOC:er trängt in i betongen. (Järnström, 2005)

I de flesta fall lönar det sig att även ta materialprov som fungerar som referens och verifikation eventuella VOC-fynd. Materialprov kan tas på olika djup av betongen eller som en 10x10cm stor provbit av plastmattan. Provbiten sänds till ett laboratorium för analys. Resultatet jämförs med de emissionsvärden som fastställts som referensvärden av VTT. Provsvaret fås på tre till fem vardagar. Provet kan ange att emissionerna är förhöjda och golvytan behöver renoveras. Hur skadligt det är att vistas i utrymmet förrän renoveringen avgör hur brådskande det är att utföra korrigerande åtgärder. Ifall provsvaren är endast något förhöjda är renoveringsbehovet inte akut men kräver vidareutredningar och att ventilationen effektiviseras. (Järnström, 2005)

5.8 Partikelhalt

Prover på partikelhalten kan tas från luften eller från ytor i bostaden eller ventilationskanalerna. Partikelproven kan analyseras med elektromikroskopiering. Partikelproven ger främst information om vilka partiklar som finns i proven och laboranten bedömer vilka av dessa som är hälsovådliga. Provsvaren får inom några dygn. (Sosiaali- ja asumisterveysministeriö, 2003)

6 Korrigerande och förebyggande åtgärder

Efter att orsaken till inomhusluftproblemen har fastslagits ges ett förslag på korrigerande åtgärder. Åtgärder som vidtas beror på problemets orsak och det skadade materialet. Åtgärder kan innebära att man måste riva eller rengöra skadat material. Ventilationen kanske måste korrigeras, göras om eller rengöras. Man kan behöva byta ut material med skadliga emissioner. Avloppssystemet kan behöva göras om eller rengöras. Ibland kan det räcka med att utrymmets luft rengörs. Om orsaken till problemen en fuktskada är det viktigt att konstruktionen som inte kan rivas torkas så att inga kvarvarande mikrobiella eller kemiska föroreningar kvarstår. (Sunabacka & Glader, 2014)

Rengörings- eller rivningsmetoden bör väljas utifrån byggnadsmaterialet som skall saneras och omständigheterna/miljön som materialet befinner sig i. Åtgärder som vidtas skall eliminera levande och döda mikrober i konstruktionen. Även fukt och andra föroreningar som fungerar som näring för mikrober skall avlägsnas. (RT 18-11238, 2016)

6.1 Torkning

Vid en fuktskada kan konstruktionen behöva torkas. En avfuktare används för att fukten som finns i konstruktionerna skall avges snabbare. Det finns två typer av avfuktare. Kondensavfuktaren kondenserar fukten till vatten som samlas i en behållare. Sorptionsavfuktaren kör den fukthaltiga fukten genom ett absorberande material. Sorptionsavfuktaren är bäst för ouppvärmade utrymmen som källare, krypgrunder och vindar. (Sunabacka & Glader, 2014)

Oftast vill man att torkningen skall ske snabbare och då kan man kombinera avfuktaren med en värmare eller använda endast värmare. Torkare som använder sig av infraröd strålning höjer materialet infraröda strålning och därmed ökar avdunstningen. Värmare med infrastrålning kräver mycket energi, en viss brandrisk samt att fukten kan transporteras till andra konstruktionsdelar och där utvecklas till mögel. Torkare med mikrovågor förånga fukten ur konstruktionen och för ut den via en fläkt eller leder den till en avfuktare. (Sunabacka & Glader, 2014)

6.2 Rivning

Under sanering strävar man till att avlägsna skadat material och ersätta det med rent. Tunna och porösa material som paff, papper, byggnadsskivor, isoleringsmaterial, puts, spackel, målfärg och textilier som är mögelskadade kan inte saneras på annat sätt än att det skadade materialet avlägsnas och ersätts med nytt. Om man under saneringen river delar av konstruktionen bör den ändå bibehålla sin hållfasthet och brandbeständighet. Täcksiktet ovanpå armeringen får inte minska och ljud- samt värmeisoleringen bör bibehållas. Under arbetets gång kommer konstruktionen eventuellt inte att uppfylla kraven för hållfasthet och brandbeständighet. Om det under rivningsarbetets gång upptäcks allvarliga brister skall man utvärdera och göra upp en plan för hur rivningsarbetet skall fortsätta under säkra omständigheter. För att undvika detta kan saneringsrivningen och återbyggnaden ske i etapper. (RT 18-11238, 2016)

6.2.1 Bilning och slipning

Den kontaminerade konstruktionsdelen kan vara bärande eller svår att ersätt med en ny. Oftast består dessa ytor av betong, lättbetong, spackel och tegel. Ytorna kan rengöras mekaniskt genom att bila, slipa eller fräsa. Det mögelskadade ytskiktet bör avlägsnas mekaniskt tills endast rent material återstår på hela det skadade området. Helst skall ytskiktet

även tas bort runt skadeområdet eftersom mögelsporer kan finnas i material som ser rent ut. Borttagning av ytskikt är oftast arbetsdrygt och dammigt så den personliga skyddsutrustningen samt skyddskonstruktionerna bör vara tillräckliga. Efter rivningsarbetet skall utrymmet städas noggrant för att avlägsna kvarvarande mikrober i dammet. (RT 18-11238, 2016)

Vid fuktskadad betong rekommenderas att betongens översta skikt, det vill säga 50 - 100 mm, avlägsnas. Går övre skiktet inte att avlägsnas bör temperaturen i rummet höjas till 30 - 35 °C i två till tre veckor samtidigt som ventilationen ökas så att inga inneboende emissioner från fuktskadan lämnar i betongen. (Sunabacka & Glader, 2014)

6.3 Desinficering

Ibland kan det behövas en kemisk behandling, det vill säga en desinficering för att avlägsna kvarvarande lukter. Ytan kan också vara sådan att dess rengöring genom desinficering är en lämplig metod. Desinficeringen sker med biocider. Dessa ämnen kan vara giftiga och därför bör den personliga skyddsutrustningen vara omfattande och ventilationen effektiv. Förrän det rengjorda materialet ytbehandlas eller andra åtgärder intill ytan vidtas bör man försäkra sig om att det inte finns kvardröjande kemiska reaktioner på ytan som reagerar med ytbehandlingen eller som utsöndras i luften. Kvarvarande kemiska reaktioner kan ske upp till flera veckor efter behandlingen beroende på rengöringsämne och arbetsmetod. (RT 18-11238, 2016)

Biocider är kemiska ämnen eller biologiska mikroorganismer som skall förintä, oskadliggöra eller begränsa förekomsten av skadliga organismer. Biocider har strikta regler för användningen och bör vara godkända av TUKES innan de får säljas i Finland. Biociderna delas in i 22 olika grupper. Biocidernas prefix talar om vilken typ av organism den förstör. Biocider som finns är t.ex. fungicider som är svampdödande, algicider som är algdödande, rodenticider som är råttgift och insekticider som är insektsdödande. Germiciderna förstör mikroorganismer som bakterier, svampar och virus. Finska kemikalielagstiftningen bör följas vid användningen av biocider. Dessutom har EU kommissionen stiftat förordningar gällande biocider. (TUKES, 2018)

Germicider och fungicider är biocider som används både för att bekämpa mögel vid renoveringar av byggnader med fuktskada. Men enligt bl.a. Institutet för hälsa och välfärd (THL) avråds användningen av biocider vid mögelsanering eller för att förebygga

mögelbildning. Biocidernas giftighet kan medföra skadliga hälsoeffekter både för dem som utför saneringen samt de som senare skall använda lokalerna. Enligt Köysti Louhelainen som är projektchef på Arbetshälsoinstitutet: "Om man använder biocider direkt på mögelskadade strukturer, kan det till och med få mikrobfloran att öka produktionen av mikrobiella toxiner och göra den skadligare än tidigare". THL rekommenderar att mögelskadade material helst skall rivas och biocider endast användas i enskilda fall. (THL, 2016)

6.4 Tvättning

Hårda, täta och släta material som glas, metall och hårda plaster fungerar i sig själv inte som näring för mögelorganismerna. I dessa fall kan ytan rengöras genom ytan tvättas. Tvätten kan effektiviseras vid behov med högtryckstvätt och tvättmedel. Tvättmedlet bör väljas omsorgsfullt eftersom oxiderande medel kan skada aluminium och mässing. Mjuka plaster kan tvättas men mögellukterna kan kvarstå även efter tvättning. (RT 18-11238, 2016)

6.5 Försegling

Försegling kan bli aktuell om konstruktionsdelen som är skadad inte kan ersättas eller kostnaden för att ersätta den blir oskäligt stor. Förseglingen kan ske antingen genom kemiska ämnen som appliceras på ytan eller att man bygger in den skadade konstruktionen och med en mekaniskt ventilerad konstruktion så att skadliga emissioner och mikroorganismer inte längre kommer i kontakt med utrymmets användare. (SP Sveriges Provnings- och Forskingsinstitut Borås, Thorbjörn Gustavsson, 2006)

6.5.1 Spärrskikt

Det finns moderna produkter som har kemiska sammansättningar som fungerar som en spärr för fukttransport, alkalier och emissioner. Fuktsparren förhindrar fukttransporten, alkalispärren alkalitransporten och en emissionssparren förhindrar emissioner som försämrar luftkvaliteten. Dessa skall stoppa fukt och emissioner i betong samt avjämningsmassor och möjliggöra montering av ytskikt ovanpå. Ytan blir efter applicering av ämnet diffusionstät och förhindrar att ämnen som uppstår vid alkalisk fukt bildas. Appliceringen av ämnet sker med roller. En alkaliespärr kan användas om man vet att konstruktionen utsätts för fukt främst i form av markfukt eller att man vill förhindra skador eller hämma att nya skador uppstår efter renovering. Användningen av spärrskikt avråds av forskare i utrymmen som

man vistas konstant i eftersom spärrens hållfasthet och emissionsfrihet inte kan garanteras. (Sjöberg, 2001)

6.5.2 Mekaniskt ventilerad konstruktion

Konstruktioner som konstant är utsatta för markfukt är så gott som omöjliga att få torra och emissionsfria. Konstruktionen kanske ligger under marknivå, har bristande dränering, isolering eller saknar fuktspärr. I dessa fall är det lönsamt att bygga in konstruktionen som kan vara väggar eller golv med en mekaniskt ventilerad konstruktion. Efter att den skadade konstruktionen är inbyggd så kan utrymmet användas utan fortsatta hälsorisker. (Sisäilmayhdistys Ry, 2017)

Ett mekaniskt ventilerat golv eller vägg är en konstruktion där inomhusluften strömmar in i med en mekanisk drivkraft via en ventil eller luftspalt för att sedan tryckas ut från den avskärmade konstruktionen till utomhusmiljön med en mekanisk fläkt, se figur 10. Genom en kontrollerad luftström skapar ett undertryck i det instängda utrymmet samtidigt som fukthalten hålls längre i det instängda utrymmet och skadornas vidareutveckling eventuellt avstannar. (SP Sveriges Provnings- och Forskinsinstitut Borås, Thorbjörn Gustavsson, 2006)



Figur 10 Det ventilerade golvets funktion (Jape VentGolv, 2018)

På golv kan det ventilerade utrymmet skapas med hjälp av en distansmatta eller genom att bygga en uppreglad golvkonstruktion. En ventilerad golvkonstruktion kan användas på felaktigt konstruerad platta på mark för att eliminera problemen som markfukten skapar. På ventilerade väggkonstruktioner byggs väggen in på samma sätt med en distansmatta eller en uppreglad konstruktion. Den linjära luftströmmen suger ut luften samtidigt som den för med

sig fukt, emissioner, radon och dylikt som finns på betongens yta. Ventilerade väggkonstruktioner lämpar sig för källarväggar som har konstant hög fuktbelastning och åtgärder från utsidan är omöjliga eller väldigt kostsamma. (Jape VentGolv, 2018)

6.6 Luftrening

Maskinell ventilation kan i värsta fall fungera som förorenare av inomhusluften. Därför behövs det alltid någon typ av rening av tilluften i en byggnad med maskinell ventilation. För att välja rätt luftreningsmetod bör man se över vilket behov som finns. Man kan dela in luftreningsmetoderna i avlägsnande metoder som skall fånga upp föroreningarna i luften och avlägsna dem samt sönderdelande metoder. Avlägsnande luftreningsmetoder är mekaniska filter, elektrostatiska filter och kemiska filter. Utöver avlägsnande luftreningsmetoder finns sönderdelande metoder vars funktionsprincip är att påverka molekylerna så att de sönderfall till oskadliga slutprodukter som vatten och koldioxid. Sönderdelande luftreningsmetoder är UV-stålning, fotokatalytisk oxidation, ozonisering och jonisering. (Mero, 2011)

6.6.1 Mekaniska filter

Mekaniska filter finns för olika användningsområde och är därmed indelade i olika klasser baserat på deras avskiljningsförmåga. Filtren delas in i EPA "Efficiency Particulate Air Filters", HEPA "High Efficiency Particulate Air Filter" och ULPA "Ultra-low Penetration Air Filter". HEPA filter som är effektivast, snappar upp partiklarna genom olika mekanismer som vidhäftning, diffusion och partiklar fastnar i fibrerna. Filtren kan även förses med ett aktivt kolfilter. Alla mekaniska filter kräver en regelbunden rengöring. (Hengitysliitto, 2018)

6.6.2 Elektrostatiska filter

Elektrostatiska filters funktion är att den laddar partiklarna elektiskt så att de fastnar i filtermaterial som har motsatt laddning. En del elektrostatiska filter har ett förfilter som eliminerar de grövsta partiklarna. Flera elektrostatiska filter efter varandra ger den bästa luftrengöringseffekten. Elektrostatiska filter är oftast tysta men relativt utrymmeskrävande. Elektrostatiska filter måste rengöras och underhållas med jämna mellanrum för smutsiga filter gör att rengöringseffekten försämras och skadligt ozon kan börja produceras. (Hengitysliitto, 2018)

6.6.3 Kemiska filter

Lämpar sig endast för att avlägsna gasformiga föreningar. Kemiska filter består vanligtvis av aktivt kol och används för att avlägsna lukter, ångor och små koncentrationer av gaser. Aktivt kol är kol som finfördelats till ett fint pulver. Pulverytan gör att föreningar fastnar då de passerar. Det finns inga kemiska filter som klarar av att fånga alla sorters föreningar. Reningseffekten minskar i takt med att filtret mättnas. Mättningen av filtret kan ske snabbt i väldigt förorenade utrymmen och inom ett år i normala förhållanden. Reningseffekten och hur snabbt filtret mättnas är också beroende på luftens genomströmningshastighet. (Dinair Ekonomifilter Ab, 2015)

6.6.4 UV-strålning

UV-strålning är elektromagnetisk strålning som har kortare våglängder än det synliga ljuset. Det finns tre olika UV-ljus: UV-A: 314-400 nm, UV-B: 280-315 nm och UV-C: 100-280 nm. UV-C är den effektivaste för att döda mikrober. Luftrenare som använder sig av UV-ljus kallas UVGI ”Ultra Violet Germicidal Irradiation” och PCO ”Photocatalytic Oxidation”. UVGI-rengörare använder UV-strålning för att bryta ner biologiska föroreningar som virus, bakterier, allergener och mögel. UVGI-rengörare bör alltid användas som ett komplement till ett filtrerings system. PCO-rengörare kombinerar UV-strålning och en katalyt för att förstöra föroreningar i gasform och bryta ner dem till harmlösa föreningar. PCO-rengörare kan inte användas för att avlägsna partiklar. (Andersson, 2015)

UV-rengöring fungerar inte nödvändigtvis på vissa omständigheter som fuktiga förhållanden. På *hengitysluotto*s sidor uppmanar man till försiktighet eftersom UV-strålning är skadligt för ögon och hud. UV-ljus kan dessutom påverka cellernas DNA och i längden orsaka cancer. För att inte ha negativa hälsoeffekter får ingen UV-strålningen slippa ut från maskinen. UV-lampan och eventuella filtret bör bytas regelbundet för UV-lampans effekt avtar få lampan åldras och blir smutsig. (Hengitysluotto, 2018)

6.6.5 Fotokatalytisk oxidation

Vid fotokatalytisk oxidation kombinerar man UV-ljus med ett TiO₂ (titaniumoxid) överdraget filter. Metoden producerar mycket reaktiva radikaler som angriper gasformiga föroreningar, oxiderar dem så att de sönderfaller till mindre ofarliga föreningar som vatten och koldioxid. Skadliga biprodukter som formaldehyd kan i vissa fall produceras.

Fotokatalytiska oxidationens apparat kräver regelbundet underhåll och rengöring. (Hengityслиitto, 2018)

6.6.6 Ozonisering

Ozon kan användas för att rena både luft och vatten. Ozon O_3 är en molekyl som består av tre syreatomer och kallas ibland för rent syre. Ozonmolekylen är instabil och faller lätt sönder till tre syreatomer. I naturen bildas ozon av solen UV-strålning och vid åska. I ozonaggregat finns UV-lampor som producerar ozon och de används främst för tillfällig sanering och effektiv. När ozonet som produceras kommer i kontakt med föroreningar sker en oxiderandereaktion som eliminerar lukt, mögel, virus och bakterier genom att de sönderdelas eller mikroberna dör. Ozon kan även minska på skadligheten av vissa gifter som t.ex. arsenik. Efter oxidationen återstår i de flesta fall endast vatten och koldioxid. Ozon i höga koncentrationer är skadligt för människan och man bör helst inte vistas i utrymmet så länge ozonaggregatet används. Ozon kan förstöra plast och gummidmaterial. (Andersson, 2016)

6.6.7 Jonisering

Joner är positivt eller negativt laddade atomer som förekommer naturligt i utomhusluften. Vid regn skapas mycket negativa joner och luften upplevs fräsch. Däremot vid åskväder och storm så finns det mycket positiva joner och luften upplevs tryckande. Likaså kan inomhusluft som har mycket föroreningar också ha positiva joner och således upplevas som dålig och tryckande. I inomhusluften finns det ofta lägre koncentrationer av joner dels beroende på bristen av UV-ljus och då jonerna neutraliseras av ytorna inomhus. Även ventilationssystemets komponenter och luftens föroreningar får luften att tappa sin laddning. (Kempe, 2012)

Vid jonisering tillförs elektroner till en atom som då blir negativt laddad. De negativa atomerna dras sedan till en positivt laddad motpol. Joniserande luftrenare renar luftens partiklar, mikrober, lukter och organiska föreningar. För att berika byggnaden med negativa joner kan ett joniseringsaggregat eller filter installeras i ventilationskanalen. Joniseringstekniken energisnål, lättinstallerad och kan användas för att påverkas stora eller flera utrymmen med en installation. I teorin är jonisering som reningsteknik effektiv men en del forskning kring mekanismerna och hälsoeffekter saknas ännu. Vid jonisering produceras ozon som en biprodukt som kan förorena luften istället för att rena den. (Kempe, 2012)

7 Undersökningsdokumentet

Dokumentet skall användas som hjälp vid undersökningsprocessen av inomhusluftproblem. Dokumentet har utvecklats enligt det som framkommer i examensarbets teoridel och interna möten med uppdragsgivaren, det vill säga Anytech Oy:s kartläggare.

7.1 Undersökningsdokumentet sida 1

Första sidan av dokumentet beskriver arbetsprocessen vid inomhusluftundersökning, se bilaga 1. Processens indelning har influerats av undersökningsmetodiken RT-kortet 18-11144 *tilaajan ohje sisäilmaongelman ratkaisemiseen asuntoosakeyhtiössä*, se rubrik 4 i detta examensarbete, men anpassats till de arbetsmetoder och mätinstruments som används i Anytechs utredningar. Första sidan av dokumentet, det vill säga arbetsprocessen vid inomhusluftundersökning är indelad i utredningsfaser. Jag har valt att delat in processen är utredningen 5 faser.

Undersökningsdokumentet har rutor som kartläggaren kryssar i vart efter undersökningen framskrider. I vissa undersökningar kommer endast några rutor i undersökningsdokumentet att kryssas i då resultatet, det vill säga det som orsakar problem klarnar i ett tidigt skede.

7.1.1 Initialfas

Den första fasen är initialfasen. Den uppstår då användaren anmäler till husbolaget att problem upplevs. Under initialfasen får Anytechs kartläggare anmälan och en utredning inleds så snabbt som möjligt. På dokumentet skrivs datumet då första kontakten med användaren vidtagits och rutan för att anmälan har mottagits kryssas i.

7.1.2 Fas 1, kunskapshämtning

Fas 1 flyter ofta ihop med initialfasen eftersom den första kontakten och kunskapshämtningen sker nästan alltid samtidigt. Under fas 1 samlar man ihop kunskaper som ligger till grund för att fastställa vad problemet beror på. Kartläggaren kryssar i rutorna i dokumentet vart efter kunskapshämtningen fortgår. Här ville arbetsgivaren att det specifikt skulle nämnas hur viktigt det är att visuellt undersöka ventilationen och därmed finns en ruta för just detta. Fokus läggs på att utreda om det finns till- och frånluft och var den är placerad genom en visuell undersökning. Eftersom ventilationens funktion är vital får inte förbises eller glömmas bort under kunskapshämtningen.

Efter att all kunskap inom fas 1 är samlad kan orsaken till problemet vara klar. Om orsaken är klar kryssar kartläggaren i att fas 3 kan påbörjas. Då kan en kartläggningsrapport med åtgärdsförslag skrivas och problemet åtgärdas utan att provtagningar behöver tas. Oftast är orsaken inte så enkel att hitta. Då kryssar kartläggaren för att fas 2 inleds i undersökningsdokumentet och gör upp en undersökningsplan i vilken det nämns vilka prover eller undersökningar man bör utföra och i vilken ordningsföljd dessa görs.

7.1.3 Fas 2 provtagning

Fas 2 inleds om inte orsaken till problemet blev fastställt under kunskapshämtningen. I denna fas utför man undersökningar och provtagningar. Alla undersökningar och provtagningar är inte nödvändiga och behöver inte utföras i den ordning som de är nämnda i undersökningsdokumentet. De fyra första undersökningarna är de viktigaste och någon av dessa bör alltid utföras förrän någon av den fyra följande undersökningarna kan göras. Kartläggaren kryssar i de provtagningar och undersökningar som gjorts på undersökningsdokumentet. I slutet av fas 2 borde orsaken till problemen vara klar och en kartläggningsrapport med åtgärdsförslag och reparationer kan sammanställas.

7.1.4 Fas 3 åtgärder

Under fas 3 utförs de korrigerande åtgärderna som är nämnda i åtgärdsförslaget och skall eliminera inomhusluftproblemen. Även här kryssar kartläggaren i undersökningsdokumentet allt eftersom fas 3 pågår. Under denna fas kan det hända att användaren behöver evakueras från lägenheten om inte inpackning av rivningsområdet anses vara tillräckligt som skydd eller om skadeområdet är för omfattande. Under åtgärdsprocessen dokumenteras arbetet med fotografering och besök på arbetsplatsen. Dokumentation resulterar i en rapport på utförda åtgärder som sedan finns till hands hos husbolaget. Rapporten kan behövas om problemen återkommer eller om liknande problem uppstår i en annan lägenhet. Även vid framtida försäljning kan en dylika rapport behövas för att bevisa att problemen som fanns är åtgärdade.

7.1.5 Uppföljningsfas

Sex månader efter att hela processen är avslutad är det bra att kontakta användaren för att kontrollera om problemet återkommit. I praktiken kontaktar användaren husbolaget och

Anytech inom denna tid om problem kvarstår eller återkommit. Om problemet kvarstår eller återkommit efter att korrigerande åtgärderna i fas 3 utförts så påbörjas processen från början.

Sist på utsökningsdokumentets första sida, arbetsprocessen vid inomhusluftundersökning, finns några rader som skall påminna om att informationen skall förmedlas till husbolaget och användaren så att dessa vet i vilket skede utredningen är och vad som utförs. Dessutom påpekas det att alla faser inte behöver utföras. Fas 2 bortfaller om orsaken klarnar under kunskapshämtningen i fas 1. Alla punkter behöver inte heller kryssas för utan endast de relevanta sakerna för ifrågavarande undersökning. Vissa undersökningar och provtagningar har kartläggarna på Anytech inte behörighet, material eller kunskap för att utföra. I dessa fall behöver en utomstående kartläggare anlitas för just denna del av undersökningen eller provtagningen.

7.2 Undersökningsdokumentet sida 2

Andra sidan av dokumentet, provtagning och åtgärder för inomhusluftundersökning, se bilaga 2, finns information om eventuella undersökningar, provtagningar och åtgärder uppräknade i kort form. Denna sida är till för att kunna fungera som stöd vid kartläggarens möten och samtal med användaren av utrymmet. I de korta förklaringarna klargörs vad som eftersträvas med provtagningen eller åtgärden och hur lång tid det tar innan eventuella provsvar finns tillgängliga. Listan är sannolikt för teknisk för en inte insatt person, men fungerar som sagt bäst som stöd för att användas tillsammans med förklaringar från kartläggaren.

Andra sidan av dokumentet är utvecklad utifrån det som framkommit genom litteraturstudierna och produktionen av detta examensarbete. Motsvarande dokument har jag inte hittat och det fungerar enligt uppdragsgivaren Anytech utmärkt som stöd för kartläggningen och ger riktlinjer för planeringen av tidsåtgången vid undersökningar.

8 Slutdiskussion

I detta examensarbete har jag genom omfattande litteraturstudier strävat till att öka förståelsen för vad som skapar inomhusluftproblem i flerbostadshus som är byggda på 1900-talet. I examensarbetet tar jag reda på vad som kan orsaka problem, vad som är en eventuell riskkonstruktion, kartläggningsmetoder och hur problem som beror på dålig inomhusluft åtgärdas. Målet med examensarbetet var att skapa ett dokument åt Anytech Oy som kan fungera som hjälp för att organisera kartläggningsprocessen under en inomhusluftundersökning.

Forskningen utvecklar konstant på nya ämnen och testmetoder. Då vi talar om inomhusluft är det skäl att komma ihåg att man alltid har velat bygga effektivt. Nya material och nya byggmetoder har anammats och senare har de konstaterats vara skadebenägna. I nuläget strävar vi allt mera till energieffektiva och täta hus. I framtiden får vi svar på om det var rätt utveckling inom byggnadsteknik. Eventuellt kan de ämnen och metoder som vi använder inom byggandet nu i framtiden klassas som riskkonstruktioner och materialen som skadliga.

Examensarbetet har gett mej en djup insikt i inomhusluftproblematiken. Ämnet visade sig vara mer omfattande än jag tänkte mej från början och ledde till litteraturstudier där källornas åsikter ibland var motstridiga eller partiska. Eftersom ämnet är så omfattande finns det fortfarande ämnesområden och problematik som kanske inte nämns i detta examensarbete. Bl.a. fanns motstridigheter i användningen av UV-ljus som luftreningsmetod och i användningen av olika saneringsvätskor som skall kapsla in en fuktskadad konstruktion.

Under litteraturstudierna för detta examensarbete bekantade jag mig med vilka riskkonstruktioner det kan finnas inom husbyggande på 1900-talet. Denna information kommer att vara till stor nytta i mitt kommande arbete som kartläggare på Anytech. Förhoppningsvis kan de problem som en riskkonstruktion utgör undvikas då de uppmärksammas i ett tidigt skede.

I examensarbetet har jag även rett ut hur problem med inomhusluft uppstår och vilka besvär de kan orsaka hos de boende. De flesta initiala besvären är lindriga men de långvariga konsekvenserna kan vara ödesdiga. Därför skulle det vara viktigt att påbörja utredningen, saneringen och reparationen av problemen i ett så tidigt skede som möjligt. Sanerings- och reparationsmetoder finns och skyddsutrustningen är utvecklad så att de möjliggör en hälsosam boende- och arbetsmiljö.

Utöver en djup insikt i inomhusluftproblematik har examensarbetet resulterat i ett användbart dokument för uppdragsgivarens kartläggningsprocess. Dokumentet klargör de metoder och tillvägagångssätt som skall användas inom kartläggningens olika skeden. Dokumentets form är kort men kompakt så att den är lätt att ha med sig i pappersform och vid behov använda som stöd då undersöknings- och åtgärdsprocessen förklaras för utrymmets användare. Förhoppningsvis kommer dokumentet att leda till en större förståelse och tålamod även från husbolaget och användare då de har större koll på tidsåtgång och processens skeden.

I framtiden kunde en mindre teknisk version utvecklas som skulle förklara undersöknings- och åtgärdsprocessen för disponenterna så att de i sina initiala samtal med användaren kunde berätta hur processen går till.

9 Referenser

2-Ethylhexanol and Phthalate, 2017-2018. *Wikipedia - 2-Ethylhexanol and Phthalate*. [Online]
Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/2-Ethylhexanol_och_https://en.wikipedia.org/wiki/Phthalate
[Använd 2 3 2018].

Andersson, J., 2015. *Ljungby Fuktkontroll & Sanering Ab - Ultraviolettt ljus UVC i Luftrenare AirSteril*. [Online]
Available at: <http://www.lfs-web.se/luftrenare%20uvc.htm>
[Använd 13 3 2018].

Andersson, J., 2016. *Ljungby Fuktkontroll & Sanering Ab - Riskkonstruktion, vad menas med det?*. [Online]
Available at: <http://www.lfs-web.se/riskkonstruktion.htm>
[Använd 26 1 2018].

Arbetsmiljöverket, 2004. *Syntetiska oorganiska fibrer - Arbetsmiljöverkets föreskrifter om syntetiska oorganiska fibrer AFS 2004:1*. Stockholm, Sverige: Arbetsmiljöverket.

BestLab Oy, 2017. *BestLab Oy - Andra analyser - Mikroanalyser*. [Online]
Available at: <http://www.bestlab.fi/sv/mikroanalyser/>
[Använd 2 3 2018].

BestLab Oy, 2017. *BestLab Oy - Asbestanalyser - Asbest*. [Online]
Available at: <http://www.bestlab.fi/sv/asbest/>
[Använd 14 1 2018].

Bravida Oy, 2017. *Diskussion 8.11.2017 med VVS-ingengör Daniel Asplund om ventilationsproblem vid Vasaesplanaden 20*. Vasa, Finland: Intervjuare Mariana Storgård.

Dinair Ekonomifilter Ab, 2015. *Dinair Ekonomifilter Ab - Kol- och kemiska filter*. [Online]
Available at: <http://www.dinair.se/wp-content/uploads/2012/06/KolKemfilter.pdf>
[Använd 13 2 2018].

Drytec Oy Ab, 2009. *Drytec - Inomhusmiljö*. [Online]
Available at: <http://www.drytec.fi/inomhusmiljoproblem-2/inomhusmiljo/>
[Använd 14 1 2018].

FLIR, 2012. *Guidebok i termografi för bygg- och energibranschen*, Täby, Sverige: FLIR.

Folkhälsomyndigheten, 2016. *Folkhälsomyndigheten - Livsvillkor & levnadsvanor - Miljöhälsa & hälsoskydd - Tillsynsvägledning hälsoskydd - Luftkvalitet*. [Online]
Available at: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/inomhusmiljo-allman-na-lokaler-och-platser/luftkvalitet/>
[Använd 6 2 2018].

Hengitysliitto, 2011. *Hengitysliitto - Sisäilmaopas*. Helsingfors, Finland: Hengitysliitto.

Hengitysliitto, 2018. *Hengitysliitto - Sisäilma - Ilmanpuhdistin*. [Online]
Available at: <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanpuhdistin>
[Använd 26 1 2018].

Hengitysliitto, 2018. *Hengitysliitto - Sisäilma - Ilmanvaihto*. [Online]
Available at: <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat>

Hengitysliitto, 2018. *Hengitysliitto - Sisäilma - Kosteus- ja homevauriot*. [Online]
Available at: <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/kosteus-ja-homevauriot>
[Använd 26 2 2018].

Hometalkoot, 2017. *Hometalkoot -Rakennusosat*. [Online]
Available at: <http://hometalkoot.fi>
[Använd 16 3 2018].

Hälsoskyddslagen 94/763, 1994. *Hälsoskyddslagen 94/763 - Finlex*. [Online]
Available at: <https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/1994/19940763>
[Använd 26 2 2018].

Investigo Oy, 2017. *Diskussion 15.10.2017 med Teppo Tervo om mögelhundens användning*. Vasa, Finland: Intervjuare Mariana Storgård.

Jape VentGolv, 2018. *Jape VentGolv - Mekaniskt ventilerade golv och väggar*. [Online]
Available at: <http://www.ventgolv.se/index.php/japeventgolv/>
[Använd 26 2 2018].

Järnström, H., 2005. *Muovimattopinnoitteisen lattiarakenteen VOC-emissiot sisäilmaongelmatapauksissa*, Esbo, Finland: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka.

Kempe, M., 2012. *Jonisering av inomhusluft - En intressant luftreningsteknik med många frågetecken*, Vasa, Finland: Yrkeshögskolan Novia.

Martin, T., 2016. *Konditionsgransking - Vörå Kommun*. Vasa, Finland: Vaasan Ammattikorkeakoulu.

Mero, T. T. & J., 2011. *Sterimat ilmanpuhdistimen UV-C säteteilykammion vaikutus mikrobien tuhoamiseen huoneilmasta*, Kuopio, Finland: Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate, Itä-Suomen yliopisto.

Naturvårdsverket, 2005. *Förorenade byggnader - Undersökningar och åtgärder*, Stockholm, Sverige: Naturvårdsverket.

Ositum Oy, 2017. *Ositum - Laboraatoriot - Materiaaliemissiot (FLEC)*. [Online]
Available at: <http://www.ositum.fi/index.php?p=Flec>
[Använd 21 2 2018].

Parila, K., 2018. *Asbestikartoitukset ja rakennustekninen konsultointi*. [Online]
Available at: <http://www.kariparila.fi/asbestikartoitus/asbesti.html>

Pelti-Ässät Oy, 2018. *Pelti-Ässät Oy - Viemärikuvaus*. [Online]
Available at: <https://www.peltiassat.fi/viemarikuvaus/viemarikuvaus>
[Använd 17 2 2018].

Sanfors Oy, 2018. *Sanfors Oy - Kohteita*. [Online]
Available at: <https://www.sanfors.fi/kohteet/>
[Använd 2 3 2018].

Sisäilmayhdistys Ry, 2008. *Sisäilmayhdistys Ry - Terveelliset tilat - Kosteusmittaukset - Kosteusvaurioituminen*. [Online]
Available at: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen>
[Använd 13 2 2018].

Sisäilmayhdistys Ry, 2017. *Sisäilmayhdistys Ry - Terveelliset tilat - Kosteusmittaukset*. [Online]
Available at: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien->

tutkiminen/Rakennustekniset-tutkimukset/Kosteusmittaukset

[Använd 2 2 2018].

Sisäilmayhdistys Ry, 2017. *Sisäilmayhdistys Ry - Terveelliset tilat - Kunnossapito ja korjaaminen*. [Online]

Available at: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen>

[Använd 13 2 2018].

Sjöberg, A., 2001. *Egenskaper och funktion hos fukt- och alkaliespärrar på betong*, Göteborg, Sverige: Chalmers tekniska högskola, institutionen för byggnadsmaterial.

Sosiaali- ja asumisterveysministeriö, 2003. *Asumisterveysohje - Asuntojen ja muiden oleskelutilojen*. Helsingfors, Finland: Sosiaali- ja asumisterveysministeriö.

SP Sveriges Provnings- och Forskingsinstitut Borås, Thorbjörn Gustavsson, 2006. *Bygg & Teknik 1/06 - Ventilerade golv ska ventileras!*. [Online]

Available at: http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/1_06_46.pdf

[Använd 26 2 2018].

Sunabacka, K. & Glader, A., 2014. *Skadeutredning av betonggolv - bästa praxis i Finland och Sverige*, Vasa: Yrkeshögskolan Novia.

The Astrophysics & Astrochemistry Lab, 2017. *The Cosmic Complexity of Carbon: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. [Online]

Available at: http://www.astrochem.org/sci/Cosmic_Complexity_PAHs.php

[Använd 1 3 2018].

THL, 2016. *THL, Institutet för välfärd och hälsa - Ozon och andra biocider är ingen lösning på mögelproblem i byggnader*. [Online]

Available at: <https://www.thl.fi/fi/web/thlfi-sv/-/ozon-och-andra-biocider-ar-ingen-losning-pa-mogelproblem-i-byggnader>

[Använd 17 3 2018].

THL, 2017. *THL, Institutet för välfärd och hälsa - ympäristömyrkyt*. [Online]

Available at: <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/ftalaatit>

[Använd 12 2 2018].

TUKES, 2018. *TUKES - Biosidit*. [Online]

Available at: <http://www.tukes.fi/biocider>

[Använd 17 2 2018].

Turun yliopiston ympäristöntutkimuskeskus aerobiologian yksikkö, 2015. *Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikroobitutkimuksissa*, Åbo, Finland: Turun yliopiston ympäristöntutkimuskeskus aerobiologian yksikkö.

Valvira, 2016. *Asumisterveysasetuksen soveltamisohje*. Helsingfors, Finland: Valvira, Sosiaali- ja terveystieteen lupa- ja valvontalaitos.

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, 2013. *Ympäristöhallinto - Pysyvät orgaaniset yhdisteet (POP)*. [Online]

Available at: <http://www.ymparisto.fi/pop>

[Använd 5 2 2018].

Ympäristöministeriö, 2016. *Ympäristöopas 2016 - Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus*. Turenki, Finland: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

RT-kort

RT 18-11238, 2016. *Suomen Rakennusmääräyskokoelma - Homevauriotuneen rakenneosan puhdistusohje*. [Online]

Available at: www.rakennustieto.fi

[Använd 17 2 2018].

RT 05-10710, 1999. *Suomen Rakennusmääräyskokoelma - Kosteus rakennuksissa*. [Online]

Available at: www.rakennustieto.fi

[Använd 2 12 2017].

RT 08-10420, 1990. *Suomen Rakennusmääräyskokoelma - Puurakenteiden tuohyönteiset ja niiden torjunta*. [Online]

Available at: www.rakennustieto.fi

[Använd 10 1 2018].

RT 14-10984, 2010. *Suomen Rakennusmääräyskokoelma - Betonin suhteellisen kosteuden mittaus*. [Online]

Available at: www.rakennustieto.fi

[Använd 2 3 2018].

RT 14-11239, 2016. *Suomen Rakennusmääräyskokoelma - Rakennuksen lämpökuvaus*. [Online]

Available at: www.rakennustieto.fi

[Använd 6 2 2018].

RT 18-11144, 2014. *Suomen Rakennusmääräyskokoelma - Tilaajan ohje sisäilmaongelman ratkaisemiseen asuntoosakeyhtiössä*. [Online]

Available at: www.rakennustieto.fi

[Använd 2 12 2017].

RT 18-11217, 2016. *Suomen Rakennusmääräyskokoelma - Sisäilmasto-ongelman selvittäminen. Tilaajan ohje*. [Online]

Available at: www.rakennustieto.fi

[Använd 2 12 2017].

RT 18-11244, 2016. *Suomen Rakennusmääräyskokoelma - Haitta-ainetutkimus. Tilaajan ohje*. [Online]

Available at: www.rakennustieto.fi

[Använd 10 1 2018].

RT 80-10712, 1999. *Suomen Rakennusmääräyskokoelma - Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Korjausrakentaminen*. [Online]

Available at: www.rakennustieto.fi

[Använd 26 2 2018].

RT RakMK-21503, 2011. *Suomen Rakentamismääräyskokoelma - D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012*. [Online]

Available at: www.rakennustieto.fi

[Använd 12 11 2017].

ARBETSPROCESSEN VID INOMHUSLUFTUNDERSÖKNING

INITIAL FAS - Problem upplevs	
Fastid: 1 vecka	<input type="checkbox"/> anmälan om problem _____ undersökning inledd
FAS 1 - Kunskapshämtning	
orsaken är oklar → orsaken är klar →	<input type="checkbox"/> användarens upplevelser dokumenteras <input type="checkbox"/> initial kartläggning <input type="checkbox"/> visuell undersökning av ventilation <input type="checkbox"/> informationsinförskaffning: ritningar, utförda renoveringar <input type="checkbox"/> undersökningsplan → Fas 2 inleds <input type="checkbox"/> kartlägningsrapport med åtgärdsförslag → Fas 3 inleds
Fastid: 4 veckor	
FAS 2 - Undersökning	
orsaken förblir okänd → orsaken förblir okänd → orsaken förblir okänd → orsaken förblir okänd →	<input type="checkbox"/> fuktmätning: luftfuktighet, ytfukt, relativ fukthalt <input type="checkbox"/> värmefotografering <input type="checkbox"/> ventilationsmätning <input type="checkbox"/> fotografering av rör <input type="checkbox"/> provtagning för mikrobundersökning <input type="checkbox"/> undersökning med mögelhund <input type="checkbox"/> VOC-provtagning för kemiska föroreningar <input type="checkbox"/> öppnade av konstruktioner <input type="checkbox"/> kartlägningsrapport med åtgärdsförslag
Fastid: 8-12 veckor	
FAS 3 - Åtgärder	
<input type="checkbox"/> användaren evakueras vid behov <input type="checkbox"/> problem åtgärdas enligt åtgärdsförslag <input type="checkbox"/> dokumentation och övervakning <input type="checkbox"/> problem är åtgärdade <input type="checkbox"/> utrymmet städad och överlämnat till användaren <input type="checkbox"/> rapport på utförda åtgärder	
Fastid: beror på åtgärder	
UPPFÖLJNINGSFAS	
<input type="checkbox"/> problem har inte återkommit → processen är slut <input type="checkbox"/> problem har återkommit → processen börjar på nytt	
Fastid: 6 månader efter att åtgärderna är slutförda	
Information och åtgärder förmedlas till användaren och husbolaget vid avslutning av varje fas. Alla skeden i faserna utförs endast vid behov. Vissa utredningar kräver utomstående utredare.	

ANYTECH OY

PROVTAGNING OCH ÅTGÄRDER VID INOMHUSLUFTUNDERSÖKNING

PROVTAGNING

Fuktmätning	Trotec	→ ytfukt	
	Vaisala	→ relativ fukthalt i luften och inne i konstruktionen	
Termografering	(kräver kallt väder)	→ luft och värmeläckage	
Ventilationsmätning		→ luftflöden och luftläckage	
Filmning av rör		→ avlopp, regnvattenrör, skorsten	
Mikrober	Direktmikroskop.	→ tejp eller provbit	→ svar efter 14 dygn
	Ytprov	→ mikrober på hårt material	→ svar efter 14 dygn
	Luftprov (vintertid)	→ mikrober i luften	→ svar efter 14 dygn
Mögelhund		→ riktgivande rapport på mikrobstillväxt	
Kemiska föroren.	VOC-prov	→ kemiska föroren. i luft	→ svar 3-5 dygn
	FLEC-prov	→ kemiska föroren. i material	→ svar 3-5 dygn
Partiklar	Luft eller materialprov		→ svar inom några dygn

ÅTGÄRDER

Torkning	Avfuktare	→ fukt samlas i behållare/absorberande material
	Infraröd torkare	→ torkar med IR-strålning, snabb, energikrävande
	Mikrovågs torkare	→ förångar fukten och för ut den
Rivning	Utöver rivning av skadad konstruktion så sker bilning, fräsning och slipning	
Desifisering	Bio-, fungi- och germicider	→ kan skada människan
Tvättning	Tvättmedel och högtryckstvätt	→ lukter kan kvarstå på mjuka plaster
		→ inga oxiderande medel på mässing/aluminium
Försegling	Spärrskikt	→ stänger in skadad yta
	Ventilerad konstruktion	→ stänger in skadad konstruktionsdel
Luftrening	Mekaniskt-, elektrostatiskt-, kemiskt filter	
	UV-strålning	→ renar med UV-ljus
	Fotokatalytisk oxidation	→ renar med UV-ljus och titaniumoxid filter
	Ozonisering	→ eliminerar föroreningar med ozon
	Jonisering	→ renar genom att ändra jonernas laddning

ANYTECH OY